

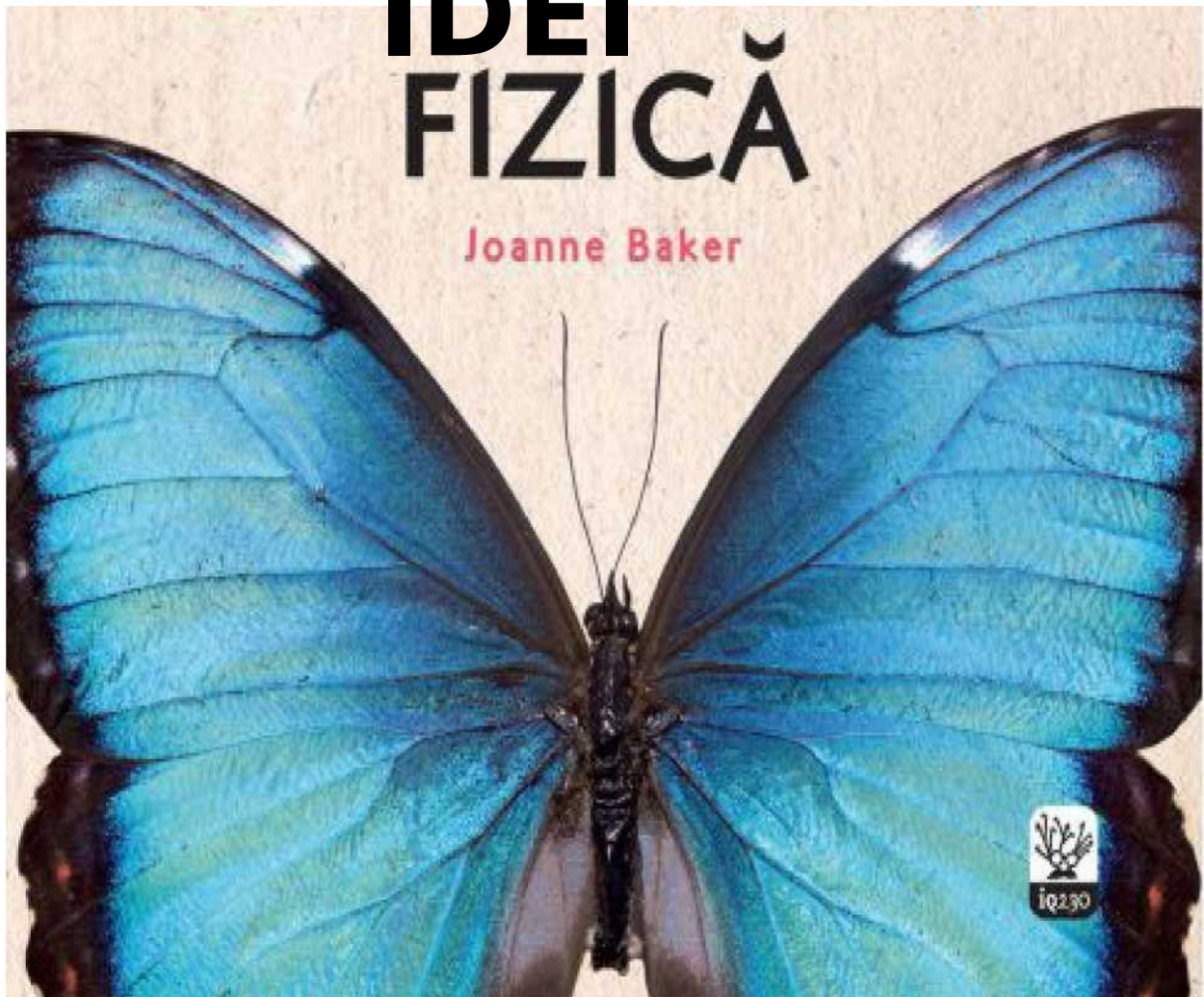
50

DE

PE CARE TREBUIE SĂ LE CUNOȘTI

IDEI
FIZICĂ

Joanne Baker



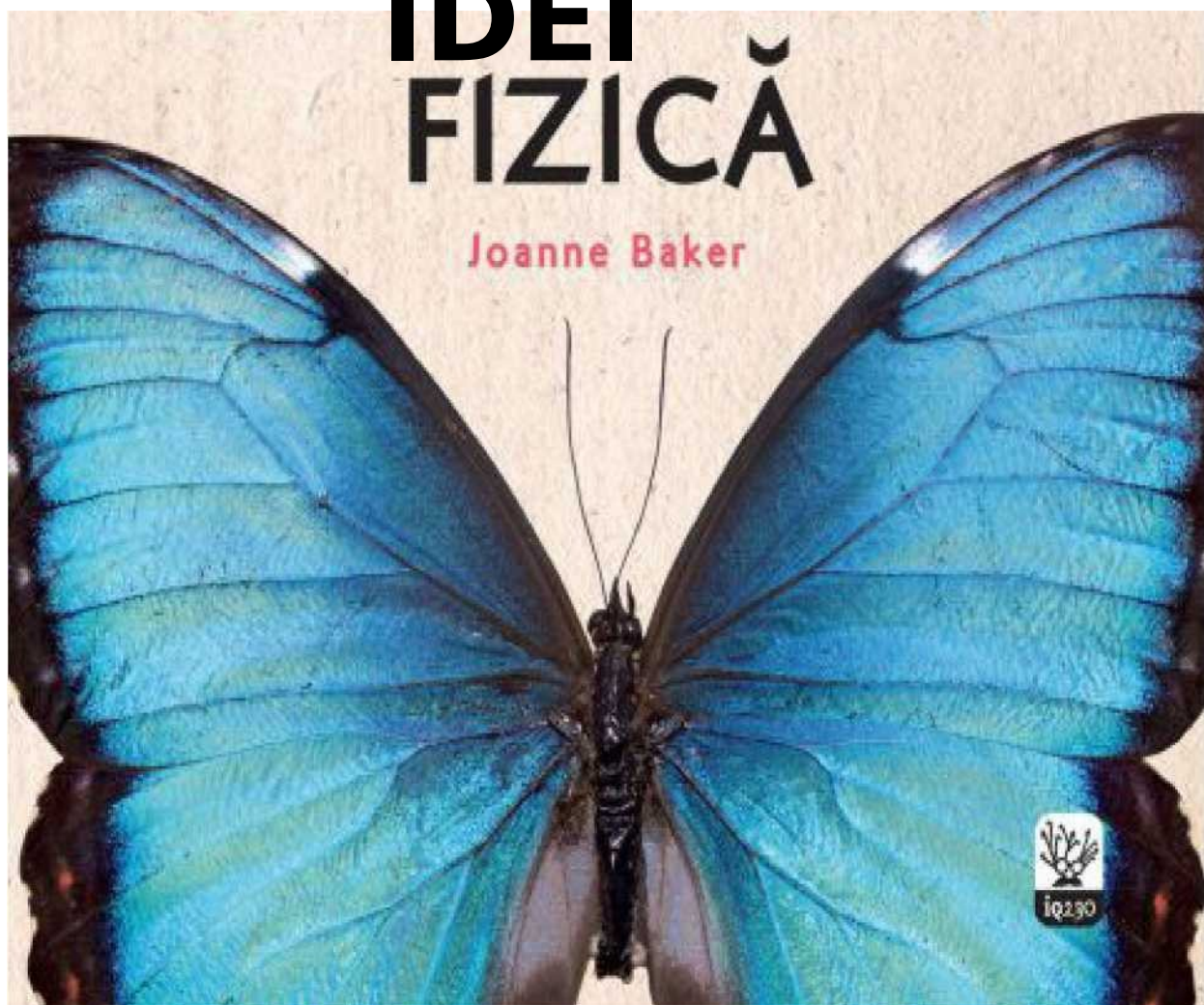
50

DE

PE CARE TREBUIE SĂ LE CUNOȘTI

IDEI
FIZICĂ

Joanne Baker



50

DE IDEI

CARE TREBUE SA LE CUNOSTI

FIZICĂ

Joanne Baker



BUCUREȘTI. 2017

Cuprins

Introducesă

MATEHMMIȘCARE

DI PrlnctpluiMacM

02 Leg l leii șcaâld uNewktâ

03 LogiMiiiKaplct 2

D4 Log egra vtla LoiultawtoM

D5Conscrvaraergitlio

D6 M Ișcaruff moni tHiiplă4

D7 LQQetajlHooka^

09 Ldgegazu l iitaal32

09 Log cad o u a to rmodrn a

nâfi i i IOZerabsclulD

11 MlșcardaownlaW

IZT&orbaosulkifi

13 Ecuția iBemouBt

ÎNSPATE11HDELOR

14 Tooriau loni o iu

INffwta09

15 Pri nci p lulH uyg oi®

16 Legata ISnolK4

17 Logata iBrag **JO**

19 DifractŔRaunlioRi

19 Efect fflopptâK

20LogataiDhntiO

2 î Regu ia a 11 rd re pte lu IF

la m l n8f.

22E cuați **loiMaiw&BB**

ENEGMELI ANTICE

23Leg sta iPlancb2

2455-11111-5-11111

25 P r Inc L p iuta rlitu d nlibFio lse

nbettyl

271 nto rpratitape 111 satjB

29 PisiduiSchrddmgae

29 ParadŕifiRRlIB

30 P rin c i p itâexc l uzi uattu iPau lfl 2

D

31S upcrc o nd uctiv itaioa

□JSECÂNBOMIE 32AtOfflLiiiRutlrioriom

33Antlniatflriu

34 Fieluri«id&arffl£

35 FuzidrttHiclaartaD

36 MocMâlandartiU

37 Diagra mFty ti

3S Parii culaiDuintiozrittZ

39 Tooristringurll tflt

SPAŦttfTJMP

40 Relativ ItatyfflciaEfoO

41 RclativItaŕpxtierallzat&l 42Găuritegrtf

G9 43ParadoiulOIE)erS72

44 LogâtaiHubbltTC

45 Bi^angao

46 InFîaŕlsosmlcft4

47 Mato r foii Ulceaua

46 Con sta masmoto gitSE

49Paradoj(uFomil06 50 PrtnrcrparitropiBH

GIOSS04

Indic£06

Introducere

Când le-am spus prietenilor despre această carte, au glumit spunându-mi că primul lucru pe care trebuie să îl știu despre fizică este că e grea. Cu toate acestea, folosind fizica în fiecare zi. Când ne uităm în oglindă sau ne punem ochelarii, folosim domeniul fizicii numit optică. Atunci când punem ceasul deșteptător, măsurăm timpul; când privim o hartă, navigăm în spațiul geometric. Telefoanele mobile ne conectează, prin intermediul undelor electromagnetice invizibile, cu sateliții care orbitează deasupra noastră. Dacă fizica nu înseamnă doar tehnologie. Fără ea, nu ai exista lună, curcubeie sau diamante. Chiar și sângele care curge prin arterele și venele noastre uimește legile fizicii, știința lumii fizice.

Fizica modernă este plină de surprize. Fizica cuantică a răsturnat lumea din temelii, punând sub semnul întrebării însăși ideea existenței unui obiect. Cosmologia pune întrebarea ce este universul. Cum a apărut și de ce suntem noi aici? Este un mister nostru ceva subiectiv sau este, într-un fel, un rezultat inevitabil¹. Privind în Interiorul atomilor, fizicienii au descoperit o lume ascunsă, spectrală, a particulelor fundamentale. Chiar și cea mai solidă masă de materie este alcătuită în cea mai mare parte, din spațiu gol, atomii săi fiind susținuți de un eșafodaj de forțe nucleare. Fizica a

oferind noi și neașteptate viziuni asupra lumii, care depășesc experiențele noastre de zi cu zi.

Fizica nu este, însă, doar o colecție de idei abstracte. Este ancorată în realitate și în experiment. Metoda științifică perfecționează continuu legile fizicii, la fel cum se întâmplă cu programele informatice, pe măsură ce defectele sunt remediate și sunt adăugate noi module. Dacă rezultatele experimentelor cer acest lucru, pot fi generate schimbări importante în modul de a gândi, dar acceptarea acestor schimbări cere timp. A trebuit să treacă mai mult decât o generație pentru ca ideea lui Copernic că Pământul se învârtă în jurul Soarelui să fie acceptată, dar ritmul s-a accelerat, iar fizica cuantică și teoria relativității au fost asimilate într-un deceniu. Prin urmare, chiar și legile fizicii aplicate cu cel mai mare succes sunt puse în mod constant la încercare.

Această carte vă oferă o trecere rapidă în revistă a fizicii, de la nașterea sa bază cum sunt gravitația, lumina și energia până la ideile moderne ale teoriei cuantice, teoriei haotice și teoriei găurilor negre. Sper că, la fel ca un bun ghid turistic, cartea o să vă facă să vă doriți să aflați mai multe. Fizica

¹ Pentru o discuție filosofică a întrebării, vedeți, de exemplu, [1].

O Principiu Hui

Un cuprf CP rp sg rotate înfr-un carusel este atras înspre exterior du stele li îndepărtate. Acesta este principiul Fur Nlach. ptirMt căruia „masa de acolo influențează inerția de aici”⁴. Prin intermediul gravitației, obiecte îndepărtate afectează modul în ca re lucrurile se mișcă și se învârt în apropiere. Dar de ce este așa și cum putem spune dacă un lucru se mișcă sau nu?

Dacă îți stat vreodată într-un tren, într-o gată, și ai privit pnn fereastră un vagon care pleacă ds lângă al vostru, ^țiți că uneori este greu de spus dacă se mișcă vagonul vostru sau celălalt Există vreo modalitate prin care să puteți dclermina cu siguranță care din ele pleacă¹

Emst Mach, filosof și fizician austriac, pl-a pus această întrebare în secolul al XIXdea. Pățea pe umieie marelui Jsaac Newton, care credea, spre deosebire de Macii, că spațiul este un cadru de referință absolut. Ca o coală de banc gradată, spațiul Lui Newton conține un set de coordonate imprimate, iar mișcările sunt determinate în raport cu acea grilă Mach, însă, nu era de acord, argumentând că noțiunea dc mișcare are semnificație doar dacă este măsurată în taport cu alt obiect, nu cu cadrul de referință, ta înseamnă că te miști, dacă nu te miști față de altceva? tn acest serii, Mach, cate era influențai de ideile rivalului lui Newton, Cottfried Leibriz, a fost un precursor al Lui Albert Einstcin. preferind ideea că există doar mișcări relative. Macii a argumentat că, deoarece o bilă se rostogolește în același mod fie că este în Franța, fie în Australia, cadrul spațial de referință este Irrelevant. Singurul lucru despre care se poate spune că afectează mediii în care M rostogolește bila cric gravitația. Jfo lună, bila s-ar putea rostogoli în mod diferit, pentru că forța

cca 335 i.Hr.

164D

Anitotej jfirmăcăcbiMtc sie mț[j catDirta

acțum 'o'tslor Cai ko fbrnulara pi rc.nrjl

iMrțlql,

PRINCIPIUL MACH

gravitaționali care atrage masa bilei este mai slabă acolo. Dacă fund că fiecare obiect din univers «xctdtf o atracție gravitațională asupra tuturor celorlalte, fiecare obiect va resimți prezența celorlalte obiecte, prin intermediul forțelor de atracție reciprocă. Prin urmare, mișcarea depinde, în cele din urmă, de distribuția materiei sau de masa acesteia, nu de proprietățile spațiului în sine.

Masa Ce anume este masa? Este o măsură a cât de multă materie conține un obiect. Masa unei bucăți de metal ar fi egală cu suma maselor tuturor atomilor din ea. Masa este într-o anumită măsură diferită de greutate. Greutatea este o măsură a forței gravitației care trage o masă în jos. ■ un astronaut cântărește mai puțin pe lună decât pe Pământ, pentru că forța gravitațională exercitată de către Lună este mai mică. Dar masa astronautului este aceeași - numărul de atomi pe care el îi conține nu s-a schimbat. Potrivit lui Albert Einstein, care a arătat că energia și masa sunt interschimbabile, masa poate fi transformată în energie pură. Așadar, masa este, în final, energie.

**SPAȚIUL ABSOLUT.
CONSIDERAT ÎN ESENȚĂ
LUIȘI FAȚA NICI □
LEGĂTURĂ CU CEVA
EXTERN, RĂMÂNE
ÎNTOTDEAUNA
ASEMENEA ȘI ETU10BIL**

În fizică, inerția, denumită după cuvântul latin care înseamnă „sine”, este foarte asemănătoare masei, dar ne spune cât de greu este să miști ceva aplicând o forță. Un obiect cu o inerție mare opune rezistență la mișcare. Chiar și în spațiul cosmic este nevoie de o mare forță pentru a muta un obiect masiv. Pentru a devia un asteroid, din nefericire, pe o traiectorie de coliziune cu Pământul ar fi nevoie de o forță deosebit de mare, obținută printr-o explozie nucleară sau de o forță mai mică, aplicată un timp mai îndelungat.

Astronomul italian Galileo Galilei a elaborat principiul inerției în secolul al XVII-lea: dacă un obiect este lăsat în pace și asupra lui nu se aplică nici o forță, atunci starea sa de mișcare nu se schimbă. Dacă se mișcă, va continua să se miște cu aceeași viteză și în aceeași direcție. Dacă stă pe loc, va continua să stea. Newton a prelucrat această idee pentru a formula legea a doua a mișcării.

PRINCPIUUMACH

166

Newton "uibh .i dsrronitraþia
Lugjleald.

189

Mar.h du. 5

190

rin'.tEin pub ir j
luana rrlaîwtat ■

MAÎEWVIIȘCARE

GÂltâta lui NflwlOn Nbwtom a studiat ți cl gravitația A văzut că nudr sc atrag una pe aha IM măr cade dinti-un pom pe pământ, pentru ci este alias de masa MznAnhiluL La fel, Pământul este atras de mra mărului, dar ar fi foarte dificil să măsurăm mișcarea microscopică a întregului Pământ spre mări.

Newton a dovedit că forța gravitației scade rapid odată cu distanța. așa că forța gravitațională a Pământului este mult mai slabă, dacă plutim la marc înălțime față de el decât la suprafața lui. Dar, cu toate acestea, tot am suriți atracția redusă a Pământului. Cu cât mai departe mergem, cu atât mai slabă va ti, dar tot ar putea să ne devieze mișcarea. i?E fapt, toate obiectele din uncveis pot exercita o mică atracție gravitațională, care ar putea să afecteze subtil mișcarea noastră.

Newton a încercat să înțeleagă relația dintre obiecte și mișcare analizând o găleată cu apă care este rotită. La început, când găleata este rotită, apa rămâne ncmlfcată, chiar dacă găleata se mișcă. Apoi începe să se rotească șt ap. Suprafața ei se curbează, deoa rece lichidul încearcă să se scurgă. înălțân- du-și marginile, dai este ținut în loc de forța constrângătoare a găleții. Newton a argumentat că rotația apel poate fi înțeleasă doar dacă este analizată în cadrul fix de referință ai spațiului absolut, în raport cu o grilă Putem spune daca găleata se rotește doar privind-o, pcntiu că am vedea forțele în acțiune, generând suprafața concavă a apei.

Secole mai târziu, Mach a revizuit acest argument. Ce ar fi dacă găleata plină cu apă ar fi singurul lucru din univers? fumai putea să știi daeă găleata este □ea care se rotește? N-ai putea să spui La fel de bine că apa se rotește în raport cu găleata* Singura modalitate de a înțelege ar fi să plasezi un alt obiect în unrvcrsul găleții, cum ar fi peretele unei camere sau chiar o stea îndepărtată. Atunci găleata s-ar roti, evident, în raport cu acel obiect. Dar, fără cadrul unei camere staționare și al stelelor fixe, cine ar putea să spună dacă se rotește găleata sau apa? Avem același sentiment când pricim Soarele ii boita de stele Stelele sau pământul se rotesc? Cum putem ști?

După părerea lui htadi și a lut Leibuibz, mișcarea ara nevoie de obiecte de referință extenuare pentru ca nni să ne dăm seama de ea șl. prin urmare, inerții «te un concept fără sens într-un univers cu un singur obiect în el

ErnstMach 1838-1916

PRINCPIUUVIACH

Ir. șftjri dn ftncipiU ui Mk^ n?ir .nnu - iHTHF< FiTjPt Mn-h nuro rtrițiKut ț jxftftni ir.-flr r: !':iln
din :i::mff: . - ::■ H ii ț KUiitipi. nj f r plpg cil |:-:rnc![:i;:: ■.if/rr-ilc, al fiInspFir 'jl.-n'.r ți. nn. dos, pr'^.r-
ccrztnt.iînlr în ■■ P'VjIFC vittjP swțwrrnnirt A -<;hl::nr.îri 1R7V L- A,r:rin: ::n i n :n'ii ir-țaL !■:: Tl./ ■■
i" apre 4 <:<!■ i:r| t...n ur jniiecl'. ::Tl"! sb ftj|C| având □ urte^ll nu nm: i li -::il.n i: jiu iLL g;!nr iivii
g ijiir.1 rin țac ■: rr'iy.' c:u cr jr di: ir.Tinl dn alee .. iciiti iir pt în niireij! ț:cn cam prpdjM bihuihul
de lp l.T-rcixin [ir::"iii..- al ur-.n tvtor. 'iipiT'i-în" H.-||il ihr:r. vrtzjia ;■-ir 'jli i. iu n țvb'ul.. 'jiid.în ui
nntn ilirvimiL luj-JT. r_rr\ir.
MKitdSti Mitfi 2 ifiKM'ifiS 09 duuâ Sfi wtiM SufWtdldt

Astfel incit dicâ mdiEmil sf fi fost lipsit de stele, nu am fi țuit niciodată că Pământul n
invâite. Stelele ne spoit că noi ne rotim în raport ai ele.

Moțiunile de mișcare lelativă koui mlșoie absolută exprimate în l'rmcipjLL] lui Mach au
inspirat de atunci, mulți fizicieni, cel mai remarcabil fiind Einslein (care, de fapt, a
Încetățenit denumirea „Pnnupiol lul Mach"). Einstein a preluat ideea că orice mișcare este
relativă pentru a-și construi tooriik relativității restrânse ț generalitate El. a ractnt de
asemenea, una dintre problemele evidente ale ideilor lur Mărit rotația ț accelerația trebuie
sâ creeze forțe supbmentare, dar unde sunt acestea i Einstein a arătat că, dacă toate
lucrurile din univers se rotesc în raport cu Pământul, ar trebui să resimțim, într-adevâr, o
mică forță care ar face planeta sâ se datine într-o anumitj mjiuiă.

Natura ipațiului l-a intrigat dc milenii pe savanțL Fmcienii moderni care studiază particulele
cred că există un cazan în clocot de particule subatomice care sunt create ț distruse
continuu. Masa, inerția, forțele, mișcarea ar putea fi toate, în final, mamfestân ale
uneisupe cuantice în clocot.

Idee de bază masa contează pentru mișcare.

0

Legile mișcării ale lui Newton

Isaac Newton a fost unul dintre cei mai importanți, controversați și influența savanți ai tuturor timpurilor. El a contribuit la inventarea calculului diferențial și integralei, a explicat gravitația și a identificat spectrul de curenți care alcătuiesc lumina albă. Cele trei legi ale mișcării pe care iare elaborat arată de ce o bilă de goli urmează o traiectorie curbă de ce suntem presați spre latura unei mașini care ia curba? de ce simțim o forță printr-o bătă de baseball în timp ce lovim minge?

Deșt motocicletele nu fuseseră inventate pe vremea lui Newton, cele trei Legi ale mișcării pe care el le-a elaborat explică modul în care un nărtodolist-Henibat urcă zidul vertical al morții și cei în care cicliștii pedalează la olimpiadă pe piste înclinate.

Newton, care a trăit în secolul al XVII-lea, este considerat una dintre cele mai vizionare minți ale științei. A fost nevoie de firea lui profund iscoditoare pentru a înțelege unele dintre aspectele aparent banale, dar profunde ale lumii noastre, cum ar fi de ce o bilă aruncată își curbează traiectoria în aer, de ce lucrurile cad în jos și nu în sus și cum se mișcă planetele în jurul Soarelui.

Student mediocru la Cambridge, în anul 1660, Newton a început prin a citi maniere Lucrări de matematică. E' în intermediul Jnr. el a fost atras de la dreptul și apoi spre legile fizicii. Apoi, în timpul unui an sabatic petrecut acasă, în timp ce universitatea era închisă din cauza unei epidemii de dumă, Newton a făcut primii pași spre elaborarea celor trei legi ale mișcării.

G I E

cca 350 i-Hr.

LEGIUffISCÂffILLU NEWTON

A' sicrie, afirmi, în Juicj,'aptul că rr-H.cii ile junf djfzfatr LLtirnbjiiiDi cart ju fac.

164Dd,Hr

Cj leo formulae.iü
Principal nrrtri.

MAÎEWVIIȘCARE

Foițele Preluând principiul inerției al lui Galileo, Newton a formulat prima sa lege. Aceasta afirmă că un corp nu se mișcă decât dacă nu acționează asupra lui o forță. Corpurile care nu se mișcă vor rămâne pe loc dacă nu se aplică o forță; corpurile care se mișcă cu o viteză constantă vor continua să se miște cu aceeași viteză dacă asupra lor nu acționează o forță. O forță (de exemplu, o împingere) generează o accelerație care modifică viteza de mișcare a obiectului. Accelerația este o schimbare a vitezei într-un anumit timp.

Este greu să constatăm acest lucru în experiența noastră. Dacă lansăm un puc de hochei pe gheață, acesta va aluneca, dar, până la urmă, va încetini din cauza frecării cu gheața. Frecarea generează o forță care încetinește pucul. Dar legea întâi a lui Newton poate fi observată în cazuri speciale, în care nu există frecare. Cel mai mult ne putem apropia de această condiție în spațiul cosmic, dacă chiar și acolo acționează forțe ca gravitația. Totuși, această condiție oferă un reper de bază, de la care putem înțelege forțele și mișcarea.

Accelerația Cea de-a doua lege a mișcării a lui Newton leagă mărimea forței de accelerația pe care o produce. Forța necesară pentru a accelera un obiect este direct proporțională cu masa obiectului. Obiectele grele - sau, mai bine spus, cele cu inerție mare - au nevoie de o forță mai mare pentru a accelera decât obiectele mai ușoare. Așadar, pentru ca o mașină să accelereze de la zero la 100 de kilometri pe oră într-un minut este nevoie de o forță egală cu masa mașinii înmulțită cu creșterea vitezei sale în unitatea de timp.

Cea de-a doua lege a lui Newton este exprimată matematic prin formula „ $F = ma$ ”, forța (F) este egală cu masa (m) înmulțită cu accelerația (a). Inversând

Legile mișcării ale lui

Legea întâi Fără a fi nevoie de o forță, un corp în mișcare cu viteză constantă va rămâne în mișcare cu aceeași viteză și în aceeași direcție.

Legea a doua printr-o forță este egală cu masa înmulțită cu accelerația ($F = ma$).

Legea a treia Pentru fiecare acțiune există o reacție egală și opusă.

Legea a patra Pentru fiecare mișcare există o cauză.

1587

Newton „ubh .i
Pm Lipi iile.

1905

Într-o publicație non-relativistă, această definiție, a doua lege, exprimată în alt mod, arată că accelerația este egală cu forța împărțită la masă. În cazul unei accelerații constante, forța pe unitatea de masă este, de asemenea, constantă. Prin urmare, este nevoie de aceeași forță pentru a mișca un kilogram decât o masă, fie că raita face parte dintr-un corp mare sau mic. Această idee explică

LEGIILE SCĂFILLU NEWTON

experimentul imaginar al lui Gal dea. care s-a întrebat care obiect ar atinge primul pământul, dacă ar fi aruncate simultan: o ghiulea de tun sau o pană? Vizualizând cele doua obiecte, am pute crede că ghiuleaua de tun ar ajunge înaintea penei, care plutește prin aer. Dar acest lucru se datorează doar rezistenței aerului, care poartă pana în âber. Lăeă nu ar fi aer, amândouă ar cădea în același timp, lovind pământul deodată. Să au aceeași accelerație fi sunt supuse amlafl fort? gravitaționale, ața că ai cădea una lângă cealaltă Astronauții misiunii ApoHo 15 au arătat că, pe Lună, unda nu enstă atmosferă care să încetinească obiectele, o pană cade în același timp cu ciocanul unui geolog.

Actiul liftei **este egalii cu reacțtmneSi A** treia lege a lui Newton sfimi că orice forță aplicată asupra unui corp generează în acel corp o »acțiune egală și de sens contrar. Cu alte cuvinte, pentru fiecare acțiune există o «acțiune. Forța opusă este resimțită ca un recul. Dacă o patinatoare își împinge partenerul, atunci și ea va da înapoi, în timp ce îl împinge pe acesta înainte. Un trăgător la țintă simte lovitura puștii în umăr atunci când trage. Forța de recul este egală ca mărime cu cea aplicată, la origine, asupra trăgaciului și a glonțului. Dc multe ort. în filmele polițiste, victima unei împușcături este împinsă înapoi de forța glonțului. Acest lucru este fals. Dacă forța ar fi într-adevăr atât de mare, atunci și trăgătorul ar trebui să fie împins înapoi de reculul armei sale. Chiar și atunci când sărim în sus de la sol exercităm o forță mică asupra Pământului, dar, pentru ea Pământul are o masă cu mult mai mare decât a noastră, nu «observă nimic.

Cu aceste trei legi. plus gravitația, Newton a putut explica mișcarea tuturor obiectelor, dc la căderea ghindelor la ghiulele trase cîntrun tun Datorită acestor trei ecuații, el ar fi putut cu toată încrederea să se urce pe o motocicletă și să accelereze pe Zidul Morții, dacă acestea ar fi existat în epoca lui. Cât de multă încredere puteți avea în legile lui Newton? Legea întâi spune că motocicleta și motoddistul vor să continue să meargă într-o direcție, cu o anumită viteză. Dar, pentru a menține motocicleta într-o mișcare circulară este nevoie, după cum spune cea de-a doua lege, de o forță de constrângere

Isaac Newton 1645-1727

Ișțiri Nivl.i?; Ū ftjL nr.nui: iwint. țțirt ■ P'-rr
Li.'jl ::<! cnwil: r Manwi ilnUrii Di y

Ițnrif'fi ^njnhțnt' l:> țcnnij 71 i.n
! 'jjrit'r'. rrcritiL-u .1 Lnivmil.nl.i i rnrtr-idr:'.
Nfiwttn 5 jfiEEp.it sj iți prjitE geniul rând n
apidem n de riurffi ■! dua în ini: ~irii jrii.'i
ijriwniităț. îți vnrn !; .11665

RsWrs tiuduii. fcl LifiLcjriSh-f. hfewLöfl
i jirli:: :nr. n-!x!ir,ii.i: .-j/ții 5 pțftrțințmifa ț 7-
nr ț1 pup tinvnLE r:: ci.i-ijxu d far^nțlp !■ A:

! jcerni.-airsij'. '.infir-: <!
! ilur în h". ■■■■ 'pi țr.vi 51 n o.irus fnpl...: r 1
p 1 i-l ■ c. 'ii ml. 5 . 'st "utr rin iirhil.i: nr □ '■
"t.1 ir,'~';< pr.'TX'—Him. 1 :u :: Urni...
rii*...nțc ii rttra cli- ț Șaqr¹^ cgndunB <:nj::izil6
pentnj 1 :ii:<:rii:Tin Icigii ntn; rtu'i
grrj<Li*jnnn :i r.ip₁ ac!?iil.li rü'r^rü-în: re

îife, Nfivitörl fa föBl »j'ai, b tferar 27 ūi- Mr.
1 u riBirilir.. B cnlfadi ii di: môtETifab ::j FA
uriwinitrit" irdnjpt.firțhj-ți itațig spm □pl.cEi.
NcwLnn a deseppent, cu qjutnni urci frisme,
r::j lunmn nji Hfl.n ajpıtuiUf din c.jcinli!
curcilxiijlui b avut n d -inijLif Hüfiihril r.i Pnhnrt
Hudbs 51 Rhntmiin ftrrtians pe acaBti barna
MewWrt S SLi-ū dciuū ttjōiri FIJMăn tfttule,
..... : mlurī Pnnc.Ț.m rr/itfir'^intKa
fflnncrjpfllf fflftffnftfcife fe filMofii?. nshurt} L
db. PL-f-LU'i. Pl Il Llipid 1, Ūtild Nflwtftl
r. :nnph::it ți în pclitifū fi r-npirat ■ bertabnn
iicndt m c# ntunc : în:1 ragu i ltyjEib JI h?ii b
ihtBrBtBt fatt '■.!. amsabface ir. rii. nr n txi
pmfr'rnn ț. ■: drvenit Ttirnnu B P i!-liL-
ni."L-iliji în JBfiS

care îi ii schimbe contiriim duecția, forță aplicată, în ȳcest cai, de către pistă, prin intermediul roților Forța heenari este egală cu masa motocicletei ți a motociclisluluL înmulțită cu accelerația Ic 1 Apei, cea dc-a treia lege explică presiunea exercțtatii de către motadetetă asupra pistei, întrucât este declanșată o forță de reacțiune. Această presnine este cea care il menține pe moțocidist pe udul înclinat, iar dacă motocicleta merge suficient de repede, poate să meargă chiarpcun zid vertical.

Chiar ți astăzi, legile Luj Newton sunt aproape tat ce trebuie să ftim ca să desenem forțek Implicate în «nuluesu rapidă ■ unri mașini într-im viraj sau. [Joamnc ferește!, într-o ciocnire Lcgidc lui Newton nu te aplică în cazul obiectelor care se mișcă cu viteze apropiate de cea a luminii sau cu mase foarte mici. Aceste situați! extreme sunt explicate de ltona relativității a lul Einstetn ți de mecanica -cuantică.

Ideedebază mișca readaptată

O Légiidül

Johannes Kepler căuta tipare în orice, studiind tabelele astronomice care de scriu mișcările în buclă ale planetei Mgrte cer el a descoperit trei legi care guvernează mișcarea orbitală a planetelor. Kepler a arătat că planetele unu orbite eliptice și că planetele mai îndepărtate se învârt mai lent în jurul Soarelui, în dară de faptul că au revoluționat astronomia, Legile lui Kepler au pus bazele Legii atracției gravitaționale a lui Newton.

Planetele se învârt în jurul Soarelui, iar cele mai apropiate se mișcă mai repede decât cele mai îndepărtate. Mercur desenează o orbită în jurul Soarelui în doar 88 de zile pământene. Dacă Jupiter s-ar mișca cu aceeași viteză i-ar trebui aproximativ 3,5 ani pământeni ca să îți parcurgă orbita, când, de fapt, o parcurge în 12 ani. În timp ce planetele trec unele prin dreptul altora, când sunt văzute de pe Pământ, unele par să se miște înapoi, atunci când

**MĂM DAT SEAMA,
DEODATĂ, CĂ BOBUL MIC ÎN DE
MAZĂRE, FRUMOS ȘI
ALBASTRU, ERA PĂMÂNTUL
MI-AM RIDICAT DEGETUL
MARE ȘI MI-AM ACOPERIT UN
OCHI IAR DEGETUL MEU A
ACOPERIT PĂMÂNTUL NU M-
AM SIMȚIT CA UN URIAȘ.
MI-AM SIMȚIT FOARTE, DE DAT
MIC**

Pământul se mișcă în jurul Soarelui. În epoca lui Kepler, aceste mișcări „retrograde” erau o mare enigmă. Rezolvarea acestei enigme l-a oferit lui Kepler perspectiva pentru elaborarea celor trei legi ale mișcărilor planetare.

Tiparele poligoanele clor. Matematicianul german Johannes Kepler căuta tipare în natură. A trăit în secolul al XVI-lea și la începutul secolului al XVII-lea. O perioadă în care astrologia era luată foarte în serios, iar astronomia, ca ramură a fizicii, era încă în fața ideilor religioase și spirituale erau la fel de importante în

explicarea Legilor naturii ca și observația. Fiind un mistic care credea că

ONOLOGIE

Pițac.ora jfi'mú ú
puntele w: nițcă pe
orbts în 'l.feie pederte
din tristul.

**cca 580 î.Hr. cea 150
d.Hr. 1543**

Cepei" caf 'ina u
pline^eie laln.irt
ln.ju.ru; Soarelui

Ptolmeuctawrvj mutarea relictjrdâ și sugerează ca

planetele w mißtã pe tufeite rnirirhr.r.

Johannes Kepler 1571-1630

.fchn-npq Knplr- .1 Fn;,, p.iüin-nl. Si! .intnznrrr
 ■ ! rlr ,i n vîlr>ftA Fnigocifl. "Hrr'g drh-r!
 în .irwilj ü.li; fnnintw de a inphu jncc ;:ru
 nixir'.i:: .inni r.nrrrM p pfwluwreii tfiRi vdipffitfc
 lIfÍ în : mp : ■■ iÜTi pniPüicr li: .'.ni/ vtþln- u
 dntiniTit.
 □ i::nn- ic.¹ n :!xji: -l fiút i::nl.Íf n WihmuiTi
 Ccür.TVirjrTir'iv:.n?þlj'.■ ■ \ui ■:■ rj
 jilEKSTCír/iijj l .lCrnqr; a Fait þubcn srtnjnnmylu
 Tychíi Pcd'!, lb ::■:!! :Ü\ML.:—n ;:n- ■■ jia ci
 Irinyi ■'■'■iyi:. majbnnnri pontul DCBityia
 "....."

;■npfiT.ulji > .■!!■ ■!lir;i tjiH;; !■: nnt-
 nncrrir ■.: ,1:: ki T-.'üh:?, p:rh:â"u yr.-n
 n::ii5t timp. Leonifl urtiiUi'i ■ "rirKiTijm! 7
 prmn !. :i Cr?K. ii.: 8 ni^ii.'ii'i pbinrt i ■ cr. n
 Ájtrtjriatia Now i ['Nptíí .isrrpfíinviy în HATTÁ h.
 Koptr n Fost írrjvnnþijfi ■ uh ncu.'eþiaw! ■ir₁!
 kro 7 n Fit :. d h ■■nl.íí snwcupr; 'farix.r c
 hg/jn ni: ozcstun Cu hinti! orrstsn, n T..^t ■ Jí
 "þi rrntini.i! nntj?ilx;n pLtircârt&j 7 uüü Hu n
 -.n!în égi! :i rr-.rsz;Vi püetdnr n WarmartKcí

strutua subtilă a universului eia construită dm forme geometrice perfecte, Kepler fd-a consBcrart viata dncuperirii tiparelor pobgMiiclor perfecte imagineare ascunse în iuaârik naturii.

Activitatea Lui Kepler a început la un secol după ce astronomul polonez Nicohus CopemicafiirtLise ci Soaiele k afla în centrul Universului, iar Pământul orbltează Soarele, și nu invers. Înainte de el de la filosoful grec Ftolemeu, se credea că Soarele ji stelele se irriärt în jurul Pământului, în sfere solide de cristal Copcmtc nu a îndrăznit să iji publiceldeea radicală în timpul vieþii, ci lc-a transmis-ocolegilor lul chiar înainte da a m iri, de teamă că ar fi. contrazis doctrina bisericii. Chiar ^1 după moarte. Copcprnic a provocat o mare agitaþie afirmând că Pământul nu era centrul universului, ceea ce implica faptul că oamenii nu erau cele mai importante fiinþe din univers., favunzate de un Dumnezeu antropocentric.

Kepler a adoptat ideea heliocentiismuJui lui Copemic, dar credea că planetele m învârt în jurul Soarelui urmând orbite circulare. SE a imaginat un sistem în cate orbitele planetelor alcătuiesc o seric de sfere induse unele în altele. La distanþe delimitate prin proporþii matematice derivate din mărimea corpurilor

1576

T^:hű P uþi ■ik âtu it\$
 h^itj por þllldr plinttziúr.

noi

Kf dfi dscaperâ c.i
 þjntülr Þ<! ruþcă pe*
 orbte ihptiLE.

1187

KHwLD'1 tþplkj legile lui
 Kepln prin legea
 dtijLti"1 gnullkþldnale

MATEWVUȘCARE

**SUNTEM DOAR O SPECIE
AVANSATA DE MAIMUȚE
PE O PLANETĂ
INSIGNIFIANTĂ A UNEI
STELE FOARTE
OBIȘNUITE, DAR PUTEM
ÎNȚELEGE UNIVERSUL.
ASTA NE FACE FOARTE
SPECIAU.**

trLdLnienSLDtiaJe care pot fi cuprinse în acestea. Ideea că legile naturii se supun proporțiilor geometrice își nM& originea în Grecia antică.

Cuvântul planetă vine de la cuvântul grecesc care înseamnă „rătăcitor”. Întrucât celelalte planete din sistemul nostru solar se află mult mai aproape de Pământ decât stelele îndepărtate, ele par că hoinăresc pe cer. Noapte după noapte, ele umicăie o cale printre stele. Din când în când, însă, se întorc din drum și fac o mică buclă înapoi. Aceste mișcări retrograde erau considerate ca fiind

de rău augur, în

modelul ptolmeic al mișcărilor planetare, acest comportament era imposibil de înțeles, așa că astronomii adăugau „epiciduri” sau bucle suplimentare la orbita unei planete, care reproduceau această mișcare. Dacă epicidurile nu funcționau foarte bine. Pentru universul heliocentric al lui Copernic era nevoie de mai puține epiciduri decât pentru veduul univers cu Pământul în centru, dar tot mi puteau fi explicate detaliile fine.

Legile lui

Letcii întâi Crh I. : ■ jnr ■: ■■■■ punct
eliptice, pu inerție ntn ijrțtl d; lenem

Lityi i jī daua Ū --înrl.C. nrnpnrft ori
IKTJl'C n ntervnlj egale ii trnp 'Pi țirtip
re c;u/fi Sairaln

4 tf*® "■ ■■ ■• dC-jityi
elpsc eate pCtpnrținnpHJ r?..i nft'mr ■
cl'pr:..int.fi încftt durntn la piitmt min
preperțienelri 711 jijnr.r.tjfi rin
j..nyinivimicii nvii nor au a 1 p :i ■ în
puterea □ tn: a

încercând să moduleze orbitele planetelor pentru a susține ideile sale geometrice. Kepler a folosit cele mai precise date disponibile, tabele complexe ale mișcărilor planetelor pe cer, realizate minuțios de Tycho Brahe, în aceste Baloane de numere, Kepler a văsuț tipare carei-au sugerat cele trei legi

Kepler a avut o străfulgerare de geniu descifrând mișcările retrograde ale planetei Marte. Ei fi-a dat seama că buclele înapoi ar putea fi explicate dacă orbita planetelor ar fi eliptice în jurul Soarelui, ținând circulare, cum se crezuse până atunci. În mod ironic, acest lucru însemna că natura nu se încadreză în

forme geometrice perfecte Kepler a fost, probabil, încântat de succesul său în stabilirea orbitelor, dar șipcat de faptul că întreaga sa filosofie a geometriei pure nu dovedise greșită.

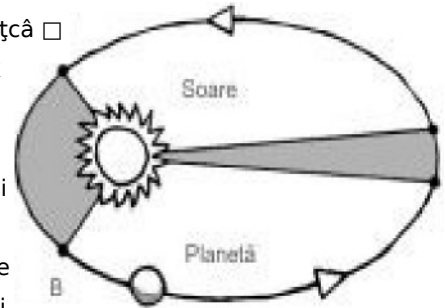
Ortutul în legea întâi, Kepler a arătat că planetele se mișcă pe orbite

MATEWVUŞCARE

ehptice.cu Soarele inli-unu] din cele doua focare aleelapses.

LEGIILE KEPLER

Cea de-a doua lege a lui Kepler descrie cât de rapid se mișcă □ planeta de-a lungul orbitei sale. Pe măsură ce a planeta k deplasează de-a lungul traiectoriei sale, ea acoperă un segment de suprafață egal, într-un interval de timp egal. Segmentul se măsoară folosind unghiul format de Soare și de cele două poziții ale planetei (AB sau CD), ca o felie de plăcintă. Deoarece orbitele sunt eliptice, când planeta este mai aproape de Soare, trebuie să parcurgă o distanță mai mare pentru a acoperi aceeași arie ca atunci când este mai departe.



Prin urmare, planeta se mișcă mai repede când este aproape de Soare decât atunci când este mai departe. Deși Kepler nu și-a dat seama atunci, acest comportament este datorat în ultimă instanță, gravitației care accelerează foarte mult planeta când aceasta este aproape de masa Soarelui.

Legea a treia a lui Kepler merge mai departe și ne arată cum durata parcurgerii orbitei (mișcarea de revoluție) se ajustează la elipse de diferite dimensiuni, aflate la distanțe diferite față de Soare. Ea arată că pătratul duratei mișcării de revoluție este proporțional cu

mărimea celei mai lungi axe ale orbitei eliptice la puterea a treia. Cu cât este mai mare orbita eliptică cu atât este mai mare perioada necesară pentru parcurgerea orbitei. Prin urmare, planetele mai îndepărtate de Soare se mișcă pe orbită mai lent decât planetele mai apropiate. Marte face o rotație completă în jurul Soarelui în aproape 2 ani terestri, Saturn în 19 de ani, iar

Neptun în 165 de ani.

Cu aceste trei legi, Kepler a reușit să descrie orbitele tuturor planetelor din sistemul nostru solar. Legile sale se aplică identic oricărui corp care orbitează în jurul, de la comete, asteroidi și luni din sistemul nostru solar până la planete din jurul altor stele și chiar sateliți artificiali care rotesc în jurul Pământului. Kepler a reușit să unifice principiile în legi geometrice, dar nu a știut de ce funcționează aceste legi. El credea că legile sunt explicate prin proprietățile geometrice ale naturii. A fost nevoie de Newton pentru a unifica aceste legi într-o teorie universală a gravitației.

**AM SCRUTAI CERUL
DAR ACUM SCRUTEZ
UMBRELE MINTEA MI-A
FOST ÎN CER, TRUPUL
ZACE ACUM ÎN PĂMÂNT**

Fpilaflhl lu Kiplri, 1830

Idee de bază

legea lumilor

O Legea gravitației a lui Newton

Isaac Newton a avut un șart uriaș înaintea când a tagat mișcările ghiulelelor și ale fructelor care cad din pomi de mișcările punctelor. legând astfel cerul și Pământul. Legea gravitației este una dintre cele mai importante idei ale fizicii, aplicând în mare parte comportamentul lor în lumea noastră. Newton a arătat că toate corpurile se atrag unele pe celelalte prin intermediul forței gravitației și că mărimea acesteia scade cu pătratul distanței.

Se spune că ideea gravitației aparține lui Isaac Newton când a virat un măr căzând într-un pom. Nu știm dacă este adevărat sau nu, dar Newton și-a extins ideea de la irușcările de pe Pământ la cele ale corpurilor cerești pentru a elabora legea sa a gravitației-

GRAVITAȚIA ESTE UN OBIECT DE CĂDE ESTE GREU ȘI SCAPĂ.

În 1687, în lucrarea sa "Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica", Newton a demonstrat că Pământul ca un măr

Newton și-a dat seama că obiectele sunt atrase spre pământ de un fel de forță de accelerație (vezi p. 1). Dacă merele cad din pom, ce s-ar întâmpla dacă pomii ar fi mai înalți? Cum ar fi dacă ar ajunge până la Lună? Bece nu cade Luna pe

Toate lucrurile cad Răspunsul lui Newton îți arată că în legile sale ale mișcării, care leagă forțele, masa și accelerația. O ghiulea trasă dintr-un tun parcurge o anumită distanță înainte de a cădea pe Pământ. Țes-at întâmpla dacă ar fi lansată cu viteză mai mare? Atunci ar ajunge mai departe. Dacă ar fi trasă cu o viteză atât de mare încât ai parcurge în linie dreaptă o distanță suficient de mare încât Pământul să-și curbeze sub ea, unde ar cădea? Newton și-a dat seama dar și a trasă

3GIE

350 î.Hr. 1609 (L.Hr. 1640)

Kedei formulejzj legi c úibtsID! Manetire.

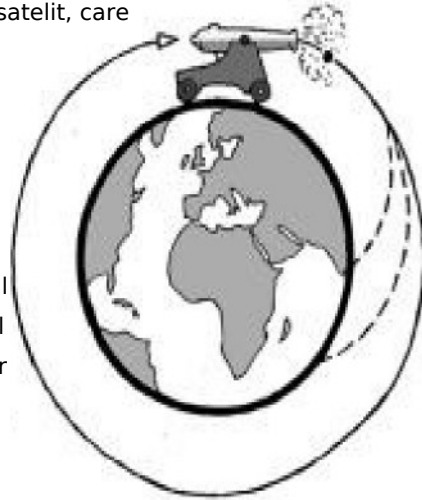
Ai.btotel i-e intrebj
di: CE cad DL «IEIS.

Galileo form jlcaiâ
p- ncioiul .néniéi.

LEGEA GRAVITAȚIEI NEWTON

de Pământ, dai ar urma apoi o orbită circulară. La fel ca un satelit, care este atras continuu, dar nu ajunge niciodată pe Pământ.

Când aruncătorii de ciocan se răsucesc pe călcâie, prin tragerea lanțului, mențin ciocanul în rotație. Dacă nu ar trage astfel, ciocanul ar zbura în linie dreaptă. Așa cum zboară când este lansat la fel se întâmplă în cazul ghiulelei. Dacă Newton în absența forței centripete care leagă proiectilul de Pământ, acesta ar zbura în spațiu. Dacă raționamentul mac departe. Newton și-a dat seama că Luna rămâne pe cer pentru că este susținută, de asemenea, de legătura invizibilă a gravitației, în absența gravitației, și Luna ar zbura în spațiu.



Legea inversului pătratului distanței Newton a

incercat, apoi, să își cuantifice observațiile. După un schimb de scrisori cu Robert Hooke, Newton a arătat că gravitația urmează o lege a inversului pătratului distanței - forța gravitației descrește odăiță cu pătratul distanței față de un corp. Dacă te deplasezi la dublul unei distanțe față de un corp, forța gravitației acestuia este de patru ori mai mică; atracția gravitațională exercitată de Soare este de patru ori mai mică în cazul unei planete aflate pe o orbită de două ori mai îndepărtată decât cea a Pământului sau o planetă aflată la o distanță de trei ori mai mare ar resimți o atracție gravitațională de nouă ori mai mică.

Legea gravitației invers proporționale cu pătratul distanței a lui Newton a explicat printr-o ecuație orbitele tuturor planetelor, descrise în cele trei legi ale lui Johannes Kepler (vezi p. 12). Legea lui Newton a arătat că planetele se mișcă mai repede când sunt mai aproape de Soare, pe traiectoriile lor eliptice. O planetă

**ORICE OBIECT DIN
UNIVERS ATRAGE ORICARE
ALT OBIECT DE-A LUNGUL
UNEI LINII CARE UNEȘTE
CENTRELE LOR, CU O
FORȚĂ DIRECT
PROPORȚIONALĂ CU MASA
FIECĂRUI OBIECT ȘI
INVERS PROPORȚIONALĂ
CU PĂTRATUL DISTANȚEI
DINTRE OBIECTE.**

1587

1905

relația $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ este

Newton "ubi" și Einstein "ubi": Henri

resimte o forță * gravitației Soarelui mai mare când se află mai aproape de acesta, lucru care o face și accelereze. În timp ce viteza el trepte, planete se îndepărtează din nou de Soare, încetinind treptat. Astfel, Newton a unificat toate descoperirile anterioare într-o teorie aprofundată.

Legea atracției miiicisai Generalizând îndrăzneț, Newton a propus apoi ca teoria sa a atracției gravitaționale să se aplice tuturor lucrurilor din univers. Orice

corp oiedtt o atracție gravitațională direct proporțională cu masa lui. iar forța scade direct proporțional cu pătratul distanței față de corpul respectiv. Pn urmă, oricare două corpuri se

L* Weltall = *nlu Iklli
mwilli Nirtu yimlld,
iin in ^S

ștrag între ele. Dar, întrucât gravitația este o forță slabă, observăm acest lucru doar în cazul corpurilor extrem de mari, cum ar fi Soarele, Pământul și planetele.

J. «IRAJ Uliii R



La o cercetare mai atentă, însă, este posibil să observăm variații mici ale forței gravitației locale pe suprafața Pământului. Întrucât munții și stâncile de diferite densități pot mări sau micșora forța gravitației în apropierea lor, putem folosi un instrument de măsurare a gravitației pentru a face o hartă

geologică a terenurilor și a afla mai multe despre structura scoarței terestre. Arheologii folosesc uneori mici variații ale gravitației pentru a localiza așezări îngropate. Recent, cercetătorii au folosit sateliți care măsoară gravitația pentru a măsura calota de gheață (în descreștere) care acoperă poliul Pământului și pentru a detecta schimbările produse în scoarța terestră după cutremure mari.

În secolul al XVII-lea, Newton a sintetizat toate ideile sale legate de gravitație într-o carte, *Principiile matematice ale filosofiei naturale*, cunoscută ca

Descoperirea planetei Neptun

Pla'r -i MnpL...i □ 'v;l. [ir! "n] : '■■■■■ i daitir :i I riijr
aLmctin griiv idt'Dniie <i □ biüwtcr I B 'riri:putui
iețuluhi i ni XIX eq ;ü;t BL i iLiücn...: L ;:d ..unus ..mu
o ir? *ji i h şnu Li ci şi! ::crr::crtci ci: în ot ::crp îl ini".
înntn
!"■ n_v ra::iif. rn" nuli." : i fu " ?! hiui 1 iiqu ui Ncis'cn.
iir. tR4fi. nxi.i dpni.Ti:/i
kcp'jijn după ri.. niîni, a foi" ran"portă, în pprapicr«. i
pozitivi liiîhrnirini.i: tnoretE Astrarcrr hn:nn.ri şi

^mncn/i 51 .iu riirr'i'nL tirsco^innüa.; üriit.r c TWCF
nriu În lui JnM Cciurh Ädprn? Urbnifi . □ VC-TIEF
Neptun Bre o riijü'i 17 Eir mai tnnr ■■ ili.cjL J Panh'
liilui ■ o g.inLfi giir^nsä'^. : i n nl.rinnfo'^ gmosi ji
donfi <:«! hdrpgpi, hühn snn' r; rr'tan pl.,".'.d în
juru! ur_irin.-.f CULÜATEB BiüissLrft A nordöi* ui
Lfiptcin Btie Kn.crihi¹. nritnr-Liiiu Vfintur ULE rvjrt.
nein n di putef iv:E c n eiftBmul üelur. ntingind pänft
În P 50D de kilrinul." pe -yâ

LEG FIJR AVITA AEU N EWTON

Maree

Newtún :: descris f^Trai^ n rranHiilxr'n
lucran i ;? .'"■înryj-," ■,1iri!r f! <!!■
diți^rțcfl i una nxțrțiti 9 fltrKțir ü/nnljí
□aupra opeane of rin porteo :ipnzinl.E ți din
CBjlrcepS-LHLMfl panetui Lnnpn'Titrj r.i z-lr-
iii'it..- ::■ n A(iv:> ț.ignw: iț-:: liiji ;1 l'rti d
T ::-1rț În O[... "ii n n =^r/ml... i u Fam M
SUp^Ftjța npcii r^i nr ni.rhnțr üf:rr l unii, ITÜ
■. 'i :!■? 'ifl ut- ■nnnpSitnjr' ih ■!t.!:
■i:nnnn- rarr prrxnni nrrrr rn nnptfi h 1?
ore ilnți Snnn: ii.cniti rr.fj rrni rrnnav. EMrriti n
atracția gnvntñiiridf moi rrtnra Uupra
Rfrnânhjui rIL::St l una mp

puduce morun rriii p.jtțirr 'e decarenr! ■!!■ l,
■ în;i npronpf iii' PînñnL i j-gria i".ii!r;;i...
p.Vriiti.l.j.d'iL-ințe F.vx ■::: qr.nl ■:'!'.□
giriviLațitirn [ridi-Tința Tiinț !.?'!n!re l' ir l ■
<■! T ii riijrcpiLii ¹; : ■. i mai irv:<iș■: n!' A
Rarn&rtuiiij efl te nwl mare b carj ..unu în;i
nprup ata dK^t- r "mul ŪCjUll . mfl i faxipibrBt
CSrr! ■!!!■;te un#f rti! iu hñfi nnuî!, P&nfrity|
SPETE«! jil unp sunt d niszn ț ne ft/rraiiZfi inste
tMltfr, ni/rt \! .rnareâ da pnrrftffl-.Y r^d.ir :!■.!:
cnr:'...r rcr^l-' irghi rin AO rlr ni"!-:r; sn Fnrrirsulj
TUICM! TOI slabe, daoirvita ftiaaraa.de
czjadcatutr

S-A SPUS CĂ A CONTESTA GLOBAUZAREAE5TE CA ȘI CUM AI CONTESTA LEGEA GRAVITAȚIEI

PrjiiLjpj.i. Pi.Lblicată în
l^jâmâncun reper ^iuițiftc. b?
gra atracției uncversale s iui
Newton a explicat nupcânle nu
doar ale plsnetcLor ți ale
sateliților tar. d ți ale
pioiectUejm, pcndiiurilor ți ale
merelor. El a explicat orbitele
com.etelor, formarea mareelor fl
oredația axei Pământului,
făcând, din Newton unul dintre
cei mat mart savanțt ai tuturor
timpurilor.

Legea gravitației universale a lui
Newton se dovedește valabilă de
sute de ani £j chiar ți artizl oferi
a descriere simplă a mișcăm

corpurilor. Ceroetitonl secolului XX au elaborat pe fundamentele ei, în special Einstem, cu teoria M a relatnrității generalizate Atracții pwftațloiiiă a lui Newton k aplkă majorității obiectelor pe care]e vedem și comportamentului planetelor, cometelor și astoToizitar, unde graritația este destul de slabă. Deși Legea gravitației a lui Newton a fost suficient de puternică pentru determinarea poziției planetei Neptun, orbita aftei planare, Mercur, a fost cea pentru care a fost nevoie de o fizică dincolo de cea a lui Newton Este nevoie de teoria relativității gcnrcraliiatc pentru a explica situațiile în care gravitația este foarte puternică, cum ar fi în apropierea Soarelui, a stelelor și a găurilor ncgje

I
d
e
e

d
e

b

**a
z
ă**

**a
t
r
a
c
t
i
a**

**m
a
s
e
i**

T

(Hiconse rvaroner giei

Energia ea le u torța care
anima. care face lucrurile să
Se miște SOu să se schimbe.
Există în mult« forme ți se
poate manifesta ca o
Schimbare în traiectorie sau
ÎH viței Sub lprnâ unrftlur
destm magnetice cari \$e
transmit sau sub forma
vibrațiilor atomilor care
produc căldura. Deși energia
se poate metamorfoza intri:
aceste forme, cantitatea
totală «Jt energie Mte
conservată totdeauna. Nn
poate ii crea mai multă
energie și energia nu poate
fi distrusă niciodată.

S untem toți
familiarizași cu
energia ca
impuls debază Dacă
suntem obosiți, ne
lipsesc; dacă sărim
în na de bucurie, o
avem. Dai ce «te
energia? Energia
care ne

impulsionează
corpurile vine din
substanțe chimice a
re ard,
transformând
moleculele dmti-un
tip în altul și
eliberând energie în
acest proces.
Oarceftl de energie
ii face pe un schior
să accelereze în
josul unei pante Hțl
face un bec să
strălucească? Sunt
aceste tipuri de
energic identice?

Pentru că există în
atât de multe
forme, energia este
greu de definit. Nici
măcar acum
fizicienii nu știu ce
este în sine, deși
sunt experți în a
descrie ce face și
cum se folosește.
Energia este o
proprietate a
materiei și a
spațiului, un fel de
combustibil sau de
impuls încapsulat,
cu potențialul de a
crea, a mișta sau a
schimba. Filosofii
naturii, începând cu
grecii. mai o vagă
idee despre energie
ca o forță sau o

esență care di viață
obiectelor, iar
această idee ne-a
rămas da-a lungul
secolelor

Schimbul

de :.'fii!iyn? Galii» a
fost cel care a
observat că energia
poate fi
transformată dintr-
un tip în altul.
Plivind un pendul
cate oscila ȳintr-a
parte în alta, a
observat că
înălțimea bilei se
modifică odată cu
viteza, până când
bila cade ȳ: ciclul se
repetă. Bria
pendulului nu are
viteză laterală
atunci când se af.â

OGIE

cca 600 LHr.

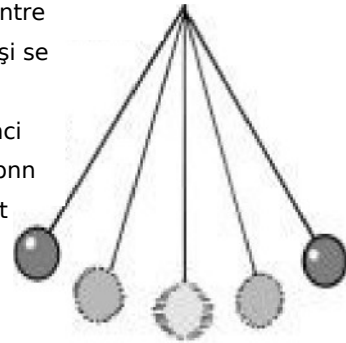
1630 d.Hr.

TFjlm st Milrt jrjly că
i'inicrin iți «titmbi ferma

Ga. lED observă nh.rnbul de
e'iergieu'ietkâ i- KîlEnt'alâ
ip mițurej unui pendul

CONSEKVTfffttôIL

la oricare dintre
extremități și se
mișcă mai
repede atunci
când trece pnn
punctul aflat
cel mai jos



GaWeo M

gândit că două forme de energie M schimbă între de în timpul TTILpcârii bilei. Una este energia potențială gravitațională, care poate ndica o bilă dc la Pământ, opunândw-se foitei gravitației Energia gravitațională trebuie mărită pentru a ridica o masă mai sus și este eliberată tind aceasta cade. Daci ați urcat vreodată ai biacleta pe o pantă abruptă, îliti că este n eroic dc multă energie pentru a contracara gravitația Celălalt tip dc energie din bilă este energia cinetică - energia mișcăm care însoțește viteza. Prin urmare, pendulul convertește energia potențială gravitațională în energic cinetici și viceversa. U ncicllst bun se folosește dc exact același mecanism. Căr,d coboară o pantă abruptă, poate accelera și cobori în mare viteză până în punctul cel mai jos, chiar fără să pedalero, și poate folosi acea viteză pentru a ureze parte din panta următoare (vezi caseta}.

La feb, o transformare simplă a energici potențiale în energie cinetică poate fi folosită pentru a

alimenta casele noastre cu energie electrică. Mecanismele hidroelectrice și barajele Eliberează apa de la înălțime, folosind viteza acesteia pentru a pune în mișcare turbine și a genera electricitate.

Multiplele foi me ale Energiei Energia se manifestă sub multe forme diferite, care pot fi stăpânite temporar în diverse moduri, lin resort comprimat poate păstra în el energie elastică. iar aceasta poate fi eliberată la comandă Energia calorică intensifică vibrațiile atomilor și ik maSeculefor în materialul

Formule ale

fierbinte. Prin urmare, o tigare din Energia pcti^hți;ii[^] g-avințiansilii [flFtjflîitij redrf-A Bgqtriç f:rn ■':::mijn fP - mrjh,spL| ITAS[^]l [niiii:ri Jtřl// r... iirEt'riinț-ii g". wîntțin*iii (g. '1 r^h"lț :*1 ru IrilIf,în'L!;i l .'i i AÇBBELi fontfiifl cite iizirviiiir'to -u forte [F rm il n .iLjr i a druis a k;i fdn<#tofl] iirnult,.'ù ::u ri 'iLinți •'"n irr-m H forte hranțmrte çn[^]rgic

Firgin i: nclizfi (PC) es^h.n n :::r.n prinformiiB CE = w' Pr- urmni*H -LiIV.iLBIXiD da cnnrç ț crn[^]tîi ::ii pSLmb[^] vil.iizi!: 11; Acnarta se r;ni și i^h*nij țrd forțe nnri r r.. :i ■;L;j'!;,i pt tárt ette rtiîșeșț un eonp metal nu o plită

ISTfi **1807**
Le bilí redi pnn Forrruki
m*temdiaf nhimcul M înngietl xbkrij. fokjbBț-lu
j1 nuris'r vû WWI dÉUrilM) d: jenerpe'.
M încălzesc pentru 4

1IDE
ElrUttl
masaş
Ethndl

atomii din ele sunt forțați să vibreze mai rapid printr-un adaos de energie. Energia poate fi transmisă fi sub forma undelor electrice sau magnetice, cum ar fi undele luminoase sau radio, iar energia stocată chimic poate fi eliberată prin reacții chimice, așa cum se întâmplă chiar în sistemul nostru digestiv.

Einstein a arătat că masa în sine are o energie asociată, care poate fi eliberată dacă materia este distrusă. Prin urmare, masa și energia sunt echivalente. Aceasta este celebra lui ecuație $E = mc^2$ - energia eliberată prin distrugerea unei mase este egală cu masa înmulțită cu viteza luminii la pătrat. Această energie este eliberată într-o explozie nucleară sau în reacțiile de fuziune din Soarele nostru și în țevile pp. 136-143}. Pentru că este proporțională cu viteza luminii la pătrat, care

este foarte mare
[lumina călătorește cu
300 de milioane de
metri pe secundă **în**
vid), cantitatea de
energie eliberată prin
distrugerea chiar și a
câtorva atomi este
enormă.

Consumăm energie în
caute noastre și o
folosim în industrie
Vorbim despie energie
ca fiind produsă, dar,
în realitate, este
transformată dintr-un
tip în altul. Luăm
energie chimică din
cărbuni sau gaze
naturale și o
transformăm în căldură
care învârtă turbine și
generează electricitate»
Fără la urmă, chiar
energie chimică din
cărbune sau din gaz
provine de la Soare,
prin urmare, energia
solară stă la baza a tot
ceea ce există pe
Pământ. Deși suntem
îngrijorați de faptul că
rezervele de energie
ale Pământului sunt
limitate, cantitatea de
energie care poate fi
lucrată de la Soare ar fi
mai mult decât
suficientă pentru
nevoile noastre, dacă

am putea să o stăpânim.

Conservarea

Eiietgiei

Conservarea energiei ca lege a fizicii înseamnă mult mai mult decât reducerea consumului casnic de energiei această lege arată că întreaga cantitate de energic rămâne aceeași, chiar dacă se modifică dintr-o formă în alta. Acest concept a apărut relativ recent, numai după ce numeroase tipuri de energie au fost studiate individual. La începutul secolului XIX-fca. Thomas Vbung a introdus denumirea de energie: înainte, această forță vitală fusese denumită vis visa de către Gottfneid Leibniz, care a elaborat formulele matematice ale mișcăm pendulului.

S-a constatat repede că energia cinetică nu se conserva ca atare Bilele și roțile zburătoare încetineau și nu se mișcau continuu. Dar mipcăne rapide făceau deseon ca mecanismele și se

încălzească prin
frecare, ca atunci când
se lansau proiectile

din tumul metalice, astfel incit cei care făceau experimente au dedus ca una dintre formele pe care le lua energia eliberată era căldura. Analizând 'oale tipurile difente dc energie implicate în funcționarea mașinilor, savanții au început să demonstreze că energia st transformă dintr-untip în altul și nu este distrusă ori creată.

Momentul cinetic Ideea conservării în fizică nu se limitează ia energetic. Două aîte concepte simt extrem de apropiate - conservarea momentului cinetic liniar și conservarea momentului cinetic unghiular. Momentul cinetic liniar este definit ca produsul dintre masă și viteză și arată dificultatea încetinirii unui corp în mișcare. Prin urmare, un camion care se deplasează cu 60 de kilometri pe oră are un moment cinetic mai mare decât un automobil care merge cu aceeași viteză și ar provoca distrugeri și mai mari dacă l-ai lovi. Momentul cinetic nu are doar o mărime, ci, datorează vitezei, are și o direcție specifică. Obiectele care se ciocnesc schimbă între ele moment cinetic, astfel încât acesta este conservat în ansamblu, atât ca mărime, cât și ca direcție. Prin urmare, dacă lovești o bilă care stă cu una care se mișcă, traiectoria finală a ambelor bile va fi o combinație a vitezei și a direcției inițiale. Viteza și direcția ambelor bile pot fi estimate presupunând că momentul cinetic se conservă în toate direcțiile.

Conservarea momentului cinetic unghiular este similară. Momentul cinetic unghiular, pentru un obiect care se învârtă în jurul unui punct, este definit ca produsul dintre momentul cinetic liniar al obiectului și distanța acestuia față de punctul de rotație. Conservarea momentului cinetic unghiular este cunoscută de patinatorii care fac piruete pe gheață. Când își întind brațele și picioarele, se rotesc mai lent, apropiindu-și membrele de corp se pot roti mai repede. Acest fenomen se produce deoarece scăderea dimensiunilor cere, pentru compensare, o viteză de rotație mai mare. Încercați să faceți acest lucru și într-un scaun de birou tare se învârtă; principiul se aplică și în acest caz.

Conservarea energiei și a momentului cinetic rămân principii fundamentale ale fizicii moderne, care și-au găsit locul și în domenii cum ar fi teoria relativității generalizate și mecanica cuantică.

Idee de bază: energia indestructibilă

0

Mișcarea armonică simplă

Multe irfkatil urmezi o mișcare armonică simpli care ește similara oscilației unui pendul înrudită cu mișcarea circulară, poate li observată la atomii care vibrează, în circuitele electrice, la valuri, unde lutolmse și chiar la pudurile care vibrezi. Deși mișcarea armonică simplă este predict ible și stabilă, adăugarea unor forțe suplimentare chiar și mici o punts destabiliza și poate provoc» u Catastrofă.

VJtnațiLle sunt foarte răspândite. Tați ne-am așezat repede și na-am tahnMt câteva secunde pe un pat sau pe un scaun, cu arcuri tari, am ciupit, poate, o coardă de- chitară, neam întins după un cablu electric care se balansa sau am ascultat ceva la un difuzor. Toate acestea sunt tipun do irita ații.

Mișcarea armonică simplă descrie modul în care un obiect oaie este împins de la locul lui resimte o forță corectoare ce încearcă să îl redreseze. Depășind punctul de plecare, obiectul oscilează înainte și înapoi, până când revine în poziția inițială. Pentru a provoca o mișcare armonică simplă, forța corectoare se opune totdeauna mifcări obiectului și este proporțională cu distanța la care obiectul este mutat. Pnn urmare, când obiectul se îndepărtează. resimte o forță mai mare, care îl împinge înapoi. Mițcitudu-sc, este împins în cealaltă parte și La fel ca un copil într-un Leagăn, resimte din nou o împingere înapoi care, până la urmă, îl oprește și îl trimite înapoi în poziția inițială. Astfel, osoleaza înainte și înapoi.

Pcnduluri O altă modalitate de a ne Imagina mișcarea armonică simplă este să nc gândim la aceasta ca la o mișcare circulară proiectată pe o linie, cum ar

QGIE

1640 cLHr.	1851
-------------------	-------------

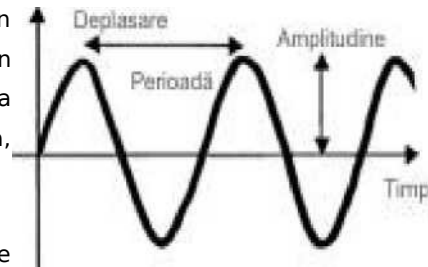
Gal.!?oarz feteai j
ceaiul 7u gendid.i.

Pendulul lı Fauuult j'jtj ratai ia Pj ın ınt-
jlui.

MEȘCĂRĂ ÎN OSCILAȚII

fi umbra scai mulul leagănelui unui copil, a- cum apare pe pământ. La fel ca bila pendulului, umbra scaunului, mișcându-se înainte și înapoi în timpul legănatului, « mișcă » mai lent aproape de capete și mai rapid în mijlocul ciclului sau. În ambele cazuri, bila și scaunul transformă energia potențială gravitațională, sau înălțimea, în energie cinetică, sau viteză.

Bila unui pendul care oscilează urmează o mișcare armonică simplă. În timp, distanța bilei față de punctul central trasează o linie sinuoasă sau un sinus armonic la frecvența pendulului. Bila ar atârna vertical, în repaus, dar, atunci când este împinsă într-o parte, forța gravitației o trage înapoi spre centru și îi adaugă viteză, făcând oscilația să dureze.



Pământul care se învârtă în jurul său este influențat de rotația Pământului. Rotația Pământului face planul oscilației pendulului și se răsucescă lent. Dacă vă imaginați un pendul caic atârni deasupra Polului Nord, acesta oscilează într-un plan care este fix în raport cu stelele. Pământul se rotește dedesubt, astfel încât, privind pendulul dintr-un tect oarecare de pe planetă, pare că mișcarea oscilatorie a acestuia « rotește » cu 360 grade într-o zi. Nu există un astfel de efect de rotație dacă pendulul alină deasupra Ecuatorului deoarece pendulul se rotește odată cu Pământul, prin urmare, planul său de oscilație nu se schimbă. La orice altă latitudine, efectul de rotație se împarte între aceste valori. Prin urmare, faptul că Pământul se învârtă poate fi dovedit doar printr-un pendul.

Fizicianul francez Leon Foucault a realizat o demonstrație celebră a acestui fapt atârând un pendul uriaș, lung de 67 de metri, de tavanul Pantheonului din Paris. Astăzi, multe muzee din lume găzduiesc pendulele ale lui Foucault. Pentru ca acestea să funcționeze, prima legănare trebuie să fie inițiată foarte ușor, pentru ca planul de oscilație să fie stabil și să nu fie indusă nici o răsuire. Modalitatea tradițională de a face acest lucru este să se lege bila cu o sfoară, iar apoi să se dea foc.

1340

Pendulul este
Lăsat să se miște
w prăbușești

2000

fadul Milfen i. 11, iu pțdul ,tare w
daUrldm tendn este afectat dr
teHnintă p Eilelrchir.

MATER1NMIȘCARE

**DAȚĂ MONEDA VEGHE
DE UN PENNVESTE
ADĂUGATĂ LA PENDULUL
CEASULUI BIG BEN,
ACESTA CÂȘTIGĂ DOUA
CINCIMI DE ȘECUNDĂ PE
ZI TREBUIE SĂ VEDEM CE
EFECTUA AVEA
OMONEDĂ DEUIIEURO.**

IhiArtltii EL Iteed. 2001
(compania de înlretjnw
a ceasului Big tei)

sfan: cu o lumânare, pentru ca bila să fie eliberată ușor.
Pentru a menține pendulul uriaș în mișcare mai mult timp,
acesta este desenn ajutat de un mata, care contracarează
încetinirea provocată de rezistența aerului.

MüsüFSreă timpului Deși este cun:=cut încă din seralul ai X-
lea, pendulul nu a fort folosit pentru ceasuri până în seralul al
XVII-lea. Timpul necesar pentru o oscilație completă a unui
pendul depinde de lungimea firului. Cu cât este firul mai scurt,
cu atât pendulul oscilează mai repede. Pentru a se menține
precizia în măsurarea timpului, pendulul ceasului Big Ben dm
Londra este reglat prin adăugarea unor monede vechi de un
penny în butucul pendulului. Monedele schimbă

centrul de greutate al bilei, iar această modificare este mai simplă și se poate
realiza cu mai mare precizie decât ridicam sau ruboiârea întregului pendul.

Mișcarea armonică simplă nu se limitează la pendul, d este extrem de des
întâlnită în natură. Se observă oriunde sunt vibrații libere, de la curentul
oscilatoriu din circuitele electrice la mișcarea particulelor și unde ale apelor și
chiar la mișcarea atomilor din universul timpuriu.

Remontele Vibrațiile mai complicate pot fi descrise pornind de la mișcarea
armonică simplă și adăugând forțe suplimentare Vibrațiile pot fi amplificate,
adăugând energie suplimentară de la un motor, sau pot fi atenuate prin
absorbirea

Vibrații bune

rircuBiit! rkiulrwin pnt ::n::iii 'liind nirrnLil i în li
■;'.Zil irtr rrr-Tji' -i;—i- ;'ri;:/i lixikil. ivi m -T i
pnrruii..rlnr A'iifri ::<i r.r.rjrti: put fmd.icu i., "în
Umilit tri ■cier ..n.,- dintre ct-c mu >Tji:hi
nîtrrtiariLe nuziedla eleetnlTÉCE este ,thoren nd'
Amuln pmij.iri! și.ni?!.c r.ir.ini \$i tmsitjtj n
'i.ñhnpLTji ç n fer-. Hunii, dn firmații EMÖi Bajra cr.-
j cu ..Gnrx; Whinl.finn' (ytrșții h..nE''J ThrrBnnul
■■RLci ':-i-io!.din druft wLi'TT rirct.mncr '. sr- rân/i
li H: Flrit d fw Jtinrç ni dnirir r-cSrrl nâiciki i'
ipi'cpKire.i lu En! r/im ■;à ::oi .izl
ir.'i!tj:rt : ■...-cl.Jly 'în o nî>; : 71 vnk.mil eu

rnu.ilLi, fnr.irți T'int acț.nivind ::n 11 pîtete
u"u ::irt:. L fuctrcnc "■;■.ii'.iiit J UHLii cununii. d,p.T
irwpnt^toru Hr ruiniiciil rys ■ Tr-iinir 11 cnn; I n
n ilicit în Lrrp ce iirn lu i "'";A:r rfc ir 'jrjra crii .zrij
çLIMI TI.. Fui în 191i F :i ffrtiiL o Sonor '.f.mLr i' 'F;,.!
L..i 'nr. i'.im ; 1 Ti i' -i-ip-i innnnL 7 ,i dus n:x ' ■>■
'il.'iir 1 -"Li ;■■'SLe'.et Unie. j'i'li2Ü Theftriiinurlú
aj ftMt F,nhnr.:il:rí clr? Achiirl: ::.m' u mn
m:h
ilnfi.T-1¹ rniîlrd nnlrtiZiiLcnii rirtiiLrcns: c.în: :i
rEvduçicirah mwcapcip

MEȘCARFIAMONISTOPL

unei părți din energia lor, astfel încât să scadă. De exemplu, o coardă de violoncel poate fi făcută să vibreze mult timp prin duplicați cu regularitate.

Sau sunetul coardei unui pian poate fi atenuat punând pe ea un cub de fetică care să-i absoarbă energia. Forțele de acțiune, cum ar fi duplicați, pot fi sincronizate pentru a amplifica oscilațiile principale sau pot fi în contrapunct. Dacă nu sunt sincronizate, sistemul oscilatoriu poate începe foarte rapid să se comporte surprinzător de ciudat.

Această modificare importantă de comportament a pecetluit soarta unuia dintre cele mai lungi poduri din Statele Unite, podul peste strâmtoarea Tacoma din Washington. Acesta se comportă ca o coardă de chitară - vibrează cu ușurință la frecvențe specifice care corespund lungimii și dimensiunilor sale. Ca o coardă muzicală, rezonază cu această notă fundamentală, dar reverberează și cu «mimicele» multiple ale acelei note de bază, inginerii încearcă să proiecteze poduri astfel încât notele lor fundamentale să fie diferite de frecvențele fenomenelor naturale, cum ar fi vibrațiile provocate de vânt, mașini în mișcare sau apă. Totuși, în acea zi fatidică, inginerii nu s-au pregătit în deajuns.

Podul peste strâmtoarea Tacoma este lung de 1,6 km și este construit din grinzi de oțel și din beton armat. Dar, într-o zi de noiembrie a anului 1940, vântul a devenit atât de puternic încât a declanșat oscilații de răsucire la frecvența de rezonanță a podului, făcându-l să se clatine puternic și, până la urmă, să se năvălească și să se prăbușească. Din fericire, nu au fost răniți, cu excepția unei persoane mușcate de un câine speriat, pe care a încercat să-l scoată dintr-o mașină, înainte ca aceasta să cadă de pe pod. De atunci, inginerii au reparat podul și l-au fixat ca să nu se mai răsucescă, dar chiar și astăzi podurile pot intra uneori în rezonanță din cauza unor forțe neprevăzute.

Vibrațiile care sunt amplificate de o energie suplimentară pot scăpa de sub control foarte repede și se pot comporta ciudat, devenind chiar haotice. Mișcarea armonică simplă este baza comportamentului stabil, dar stabilitatea este foarte ușor de tulburat.

Idee de bază

stiinta balansului

07

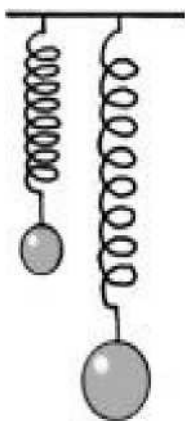
iHooke

Legedu
Dedusă inițial din alungirea arcurilor cea surilor. Legea lui Houke arată cum se deformează materialele când asupra lor sunt aplicate forțe. Materialele elastice se alungesc direct proporțional cu forța. Având numeroase contribuții în domeniul arhitecturii, dar și al științei, este ciudat că Rabért Hauke este amintit doar pentru această unică lege. Dar, ca și descoperitorul ei, Uga lui Hooke înlocuiește multe discipline, fiind fondată în inginerie și în construcții, dar și în știința rezistenței materialelor.

Când vă uitați ce oră este la ceasul de mână, îi sunteți îndatorați lui Robert Hooke, savantul multidisciplinar britanic din secolul al XVII-lea care a inventat nu doar mecanismele cu arcuri și cu roți ale ceasurilor de mână și deșteptătoare, ci a și construit Bedlam și a denumit celula din

biologie. Hooke era un experimentator mai degrabă decât un matematician. El a realizat demonstrații la Societatea Regală din Londra și a inventat numeroase mecanisme. În timp ce lucra cu arcurile, a descoperit Legea lui Hooke, care spune că lungimea cu care un arc se întinde este direct proporțională cu forța cu care este tras. Prin urmare, dacă tragi de două ori mai puternic, arcul se alungește de două ori mai mult.

Elasticitatea Materialele care respectă Legea lui Hooke sunt denumite „elastice”. În afară de faptul că se alungesc, materialele elastice revin la forma lor inițială atunci când toate forțele sunt înlăturate - alungirea este reversibilă. Benzile de cauciuc și aliajele metalice se comportă astfel. Guma de mestecat, pe de altă parte, nu se comportă la fel. Se alungește când trageți de ea, dar rămâne alungită când vă opriți. Multe materiale sunt elastice sub acțiunea unor forțe dintr-o gamă redusă de mărime. Dar dacă



IGIE

16GGd.Hr.

1773

În 1679, Hooke a descoperit legea de elasticitate.

Harrison a construit ceasul cu pendul în 1656, ceea ce a permis o mai bună măsurare a timpului și a lungitudinii.

Robert Hooke 1635-1703

Pnhcrl. Hbou: n 1 'i--::ul nnul' /r
ir Anglia ::i Fu L-All dacor A st.id nL l.'i CfiriSI -
Zhu'Tzli, lueriikl ta «latent a A-inm-i.!!ji p niiiT
iptukii 9nhnrt. Rnyit Tn 1660,9 doscopnt rgcn
plnticiUUL il ptiurJ "umcli'.1 sr.. "t. UItc d."/i ::c:r
r i. n ftKt nun.h. ci intijcr ; :n'ru nxfinnmntn !::
if:jilmrln Sni:IC!h.ai. Fagnlt
Pir pul cnn : cflrt .V""T:yi::p.'i,j ■: mi: nni
tik.nij htanka -i ""cnl.hçcinît tamerul ::«! .
71:1:.'??' iipi cc .1 cnnprnt.. lc micrniCDp
nupcri.'il re!.. c nr dc p ririLi? du icchjii urnai:'

i' lUtiti. HDDke a co'-t "ibij-t la
reconsvuirea
I tmriizii ciupii Maralt Inizcirdiu lucrând
iffpruna cu Cl -nsLTi^cr Wrm
A munt la Ljgnrirm. 1' 17Q3, 5. Fcijt
;■■■n:K-n:'-:,it',i ilisrcp rin uite : [indn\ dc-
rfi-nftijitoir: ui ajfnsi TiuLn:?! . ir ncicn'..: n Xix
liiri ',;i jnrln ;;ij aPA flcun -11 qntl..^ ir.
fobry^iH JQOfi, ■ jbtbf dFsrcperrW
Il cgpK diimHi p crduf/d a nrrtjii'nr pi
liccki: -i-iii uliii ■ fin:: Rignlr
1 flfr rin-.irr. entc gârduiLH lc SocipLnteB

sunt trase prea mult, se pot rupe sau se subțiază Alte materiale sunt prea rigide sau prea flexibile pentru a fi ccmrdbiate elastice.de exemplu, ceramica sau lutul.

Potrivit Legii Lui Hwkc, pentru întindcrea ru o anumiti Lungime a unui material elartice este nevaie întotdeauna de aceeași forță. Această farță specifică depinde de ndlgitatea materialului (cunoscuta ca modul elastici. Pentru alungjrea unui material rigid este nevoie de o forță mare, între materialele cu rigiditate extrem de mare se număra substanțele dure, cum ar fi diamantul, carbura de silicon și tungstenul. între matenatele mai flexibile se numiră aliajul de aluminiu ți lemnul.

Despre un matcnal care ești alungit sc spune că este supus unti tensiuni. Tensiunea este definiți ea fiind creșterea procentuali în Lungime provocată dc ajutigue. Forța care este aplicată ipe unitatea de suprafață) este denumiți efort unitar sau tensiune unitară. Rigiditatea este definită s raportul dintre efortul umlar (tensiunea unitarii și tensiune. Multe materiale, Incluzând oțelul, fibra de carton ți chiar sticla, au un modul elastic constant (pentru tensiuni mici) și, prin urmare, rctptiU Legea lui Mookr Când construiesc clădiri,arhitectii și inginerii

1979

Aieta p' inul &alE ru coarda r aMira Ihur^w jumpinfi, la Gndcl, ir. .VjIIE B/itaniE.

țin seama de aceste proprietăți, astfel încât atunci când sunt aplicate sarcini

MAÎEWVIIȘCARE

mau asupra structurii, aceasta nu se întinde sau nu se încovoie.

Salt înapoi Legea lui Hooke nu «fite doar peni™ ingineri. Mii de amatori de senzații tari se bazează pe această lege atunci când fac bungee jumping, sărind de pe platformă înaltă, legați ni c coardă elastică. Legea lui Hooke îi spune săritorului cât de mult se va întinde coarda sub forța greutatea lui. Este vital ca acest calcul să fie făcut corect și să se folosească o coardă de lungime potrivită, pentru ca persoana care sare cu capul înainte spre fundul unui canion să fie trasă înapoi înainte să atingă stâncile. Bungee jumping ca sport a fost inventat de câțiva tineri pasionați de sporturi extreme, care au sărit de pe podul suspendat Clifton, din Bristol, în 1979, inspirați, * pare, de imaginile transmise la televizor ale localnicilor din Vanuatu sărind de la mare înălțime cu liane legate de glezne, ca probă de curaj. Primii săritori au fost arestați dar au continuat să sară de pe pod. Iar idca lor s-a răspândit în întreaga lume, până când a devenit o experiență vândută contra cont.

Longitudinea Călătorii se bazează pe Legea lui Hooke pentru a-l ajuta să găsească drumul. Este ușor să se determine latitudinea, de la nord la sud, măsurând înălțimea la care se află Soarele sau stelele, dar este mult mai dificil să se afle longitudinea, sau localizarea de la est spre vest în jurul Pământului. În secolul al XVII-lea și la începutul secolului al XVIII-lea, viețile marinarilor erau în pericol pentru că aceștia nu puteau să știe exact unde se aflau. Guvernul britanic a oferit un premiu în bani de 20.000 de lire sterline, o sumă uriașă în acel timp, pentru cel care reușea să depășească problemele tehnice ale măsurării longitudinii.

Din cauza diferenței de fus orar, când călătoriți de la est la vest pe Glob, longitudinea poate fi măsurată comparând ora Locală de pe mare. La amiază, să spunem, cu ora dintr-un alt loc cunoscut cum ar fi Observatorul Greenwich din Londra. Greenwich se află la longitudinea de zero grade deoarece timpul «te măsurat luând ca referință observatorul de acolo; acum vorbim despre ora GMT, Greenwich Mean Time. Toate bune și frumoase, dar cum puteți ști care este ora la Greenwich când sunteți în mijlocul Atlanticului? Astăzi, dacă vă bazați de la Londra la New York, puteți afla ușor potrivit după ora Londrei. Dar, la începutul secolului al XV-lea, nu era ușor. Tehnica orologeriei în acea epocă nu era atât de avansată, iar cele mai precise ceasuri aveau pendule, care erau inutile pe corăbii care se balansau. John Harrison, un fabricant de

LEGHAJHOOKt

ceasuri britanic, a inventat dispozitive

MAÎEWVIIȘCARE

mai, care falmeau greutăți prinse de arcuri în Locul pendulelor. Dar în testele făcute pe mare nici acestea nu au funcționat. O problemă a folosirii arcurilor pentru măsurarea timpului era faptul că elasticitatea acestora se modifică în funcție de temperatură. Pentru vasele care călătoreau de la tropice spre poli, această caracteristică făcea arcurile nepractice.

**MCI AM VĂZUT MAI
DEPARTE, ESTE PENTRU
CĂ AM STAT PE UMERII
UNOR URIAȘI.**

Harriwn a găsit o nouă Eotuțlc. El a montat în ceas o fățic bimcfalică, făcută din două metale diferite. unite Cele două metale, cum ar fi alama și oțel, se alungesc cu măriri diferite atunci când se încălzești făcând ca banda să se îndoie Montată în mecanismul ceasului banda compensează schimbările de temperatură. Noul ceas al lui Hamson, denumit cronometru, a câștigat premiul în bani și a rezolvat problema longitudinii.

IbjjL tawinfi, 36751, înilr-D
jcisuan: ipcsib l sarcastică)
adresată lui HwAe

Toate cele patru ceasuri experimentale ale lui Hailiisonseafă astăzi La Observatorul Greenwich din Londra, lamele trei sunt destul de mari, sunt făcute din alama și au mecanisme de echilibrare a arcurilor foarte complicate. Sunt foarte frumoase făcute și este o plăcere să te privesc Cel de-al patrulea, proiectul câștigător, este mult mai compact și arată ca un ceas de buzunar mare. Este mai puțin satisfăcător din punct de vedere estetic, dar mai precis. Ceasuri similare au fost folosite mulți ani pe mare, până la inventarea ceasului electronic cu marș.

Hooke a realizat atât de multe, încât a fost numit Leonardo da Vinci din Londra. Un personaj-cheie în revoluția științifică, s-a remarcat în multe domenii, de la astronomie la biologie și chiar la arhitectură După o controversă celebră cu Isaac Newton, între cei doi savanți s-a născut o adevărată rivalitate. Newton s-a supărat când Hooke a refuzat să accepte teoria lui a culorilor din spectrul luminii și nu a recunoscut niciodată că Hooke ar fi sugerat teoria atracției gravitaționale invers proporționale cu pătratul distanței.

Pare surprinzător că, în pofida acestor realizări, Hooke nu este mai cunoscut. Nu s-a păstrat nici un portret de-al sale, iar Ligea lui Hooke în sine este o recunoaștere modestă pentru o personalitate atât de inovatoare.

LEGHAJHOOKt

**Idee de bază
elastic e fantastic.**

O Legea gazului ideal

Presiunea, volumul și temperatura unui gaz sunt legate între ele, iar legea gazului ideal ne spune cum. Dacă încălziți un gaz acesta vrea să se extindă; dacă îl comprimăți, ocupă mai puțin loc, dar are o presiune mai mare. Legea gazului ideal este cunoscută pasagerilor avioanelor, care se înfioară când se găta la senile de rece din extarțarea epuratălor de zbor sau ipinișlik care se aștepta la o scădere a temperaturii și a presiunii pe măsură ce urci pe un munte. Charles Darwin poate că a dat vina pe legea gazului ideal pentru că nu a putut să-ți măcine cartofi când a câmpul la mare altitudine m Anzi,

Dacă ați folosit vreodată o oală sub presiune, atunci ați folosit Legea gazului ideal ca să vă pregătiți mâncarea. Cum funcționează oalele sub presiune? Acestea sunt vase închise ermetic, care împiedică scurgerile de aburi în timpul fierberii. Pentru că nu les aburi, pe măsură ce lichidul fierbe se acumulează noi cantități de aburi și se mărește presiunea din interiorul vasului. Presiunea poate deveni suficient de mare încât să împiedice

L'uy yuillui dEdl Bffl
fdrtBillll! W= Jiflj utrie Pblb
prtilniBa, L'esle VOlll'!!!:

tcillOU

ralurB și nntFiuniKijl rrujj^-
LLlar al urna gw [1 nul aurind
da mom), iir t «In un

flutnor tfeuu ui! ciPihiila



evaporarea lichidului care fierbe și să permită ea temperatura supe; să crească peste punctul de fierbere a apei la 100 de grade Celsius. Astfel, mâncarea fierbe mai repede și nuși pierde savoarea.

Legea gazului ideal, enunțată pentru prima dată de către fizicianul francez imite Dapeyron, în secolul al XIX-lea, ne spune cum presiunea, temperatura și volumul unui gaz sunt intercorelate. Presiunea crește dacă volumul este micșorat sau dacă temperatura este mărită. Imaginați-vă o cutie etanșă cu aer în ea. Dacă micșorați volumul cutiei la jumătate, atunci presiunea se va dubla. Dacă încălziți cutia, cu dimensiunile

inițiale, până la o temperatură de două ori mai mare, atunci presiunea se va dubla.

rea 350 LHr. 1650 (LHr. 1662

AjZlOtCl .1 F I TIU
LJ , naturi detalii

Ofta van GueriiAe
Lcm1ru<:ş1t
prima ponpa
...

Eite enunţai j Lenaj
lui Bqyle (fV -

Pentru formularea legii gazului ideal. Clapryran a combinat două legi anterioare, una a lui **Rfibert** Eoylc 5; alta a lui Jacqucs Chailw și Joreph Louis Gay-Lussac. Boyle a observat legătura diiitTe presiune și volum, iar Charles și Gaylussac, pe cea dintre volum și temperatură. Glapcyron a unificat cele trei **mărinu** gândindu-se la o cantitate de gaz numită „mol”, un termen an denumește un anumi număr de atomi sau de molecule, respectiv 6×10^{21} (adică 6 urmat de 13 de zecimale), cunoscut și ca numărul

**EXISTĂ UȘI
SIMBOLISM PLIN DE
SFEHANȚĂ ÎN TAFTUL
CĂ STEAGURILE NU
FLUTURĂ ÎN VÂNT.**

ArtFiurL Ctirte, 1917-2008

lui Avogadro. Deși pare că sunt foarte mufa atomi, acesta este, cu aproximație, numărul de atomi din cărbunele unui creion. Molul este definit ca numărul de atomi de carbon 12 din 12 grame de cărbune, în schimb, dacă ai avea numărul **lui** Avogadro de grapefruit, fructele ar ocupa tot volumul Pământului.

Gajul și du-ri Dar re este gazul ideal. Simplu spus, un gaz ideal este un gaz care respectă legea gazului ideal. Acest lucru este conștientizat în faptul că atomii și moleculele care îl alcătuiesc sunt foarte mici comparativ cu distanțele dintre ei, respectiv ele, astfel încât, atunci când particulele se mișcă, ele trec cu ușurință unele pe lângă altele. De asemenea, nu există forțe suplimentare care se exercită între particule și care să le facă să stea laolaltă, cum ar fi sarcinile Electrice.

Gazele „nobile” cum ar fi neonul, argonul și xenonul, se comportă ca gaze ideale alcătuite din atomi individuali (mai degrabă decât din molecule). Moleculele ușoare simetrice, cum ar fi cele de hidrogen, azot sau oxigen, se comportă aproape la fel ca gazele ideale, în timp ce moleculele mai grele, cum ar fi butanul, se comportă mai puțin asemănător.

Gazele au densități foarte mici, iar atomii sau moleculele care le alcătuiesc nu sunt ținute laolaltă, ci sunt libere să se miște, în cazul gazelor ideale, atomii se comportă ca mii de bile de cauciuc aruncate pe un teren de squash, ciocniri- du-se unu de alții și de pereții vasului în care se află. Gazele nu au limite, dar pot fi ținute într-un vas care delimitează un anumit volum. Prin reducerea mărimii

\$672

Eite invcr Lilă Oa: i
lui hain.

1302

Etj tr u "tala Leij. sa lui
Chkitlji j l-j Gay Lui pe
(WT-toreUrtt)}

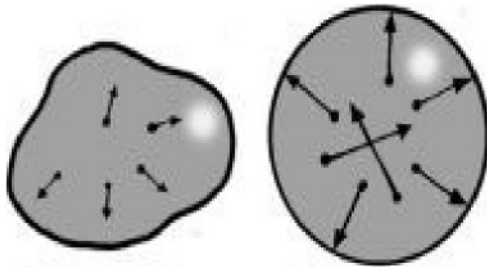
1334

Cljpeyon "nunii l e .1
galul Ji ideal.

MAÎEWVIIȘCARE

acelui vas, moleculele sunt împinse mai aproape unele de altele și, conform Legii gazului, cresc și presiunea și temperatura.

Presiunea unui gaz ideal este generată de forțele atomilor și ale moleculelor care lovesc pereții vasului și unele de altele, în timpul mișcării lor prin vas. Conform celei de-a treia Legi a lui Newton (vezi p. 1Dj), particulele care se lovesc de pereți exercită o forță opusă asupra acestora. Coliziunile cu pereții sunt elastice, prin urmare, particulele sunt înapoi fără să piardă energie sau să se lipească, dar transferă energie cinetică vasului resimțită ca presiune. Energia cinetică ar face vasul să se miște, dar acesta este atât de rigid încât opune rezistență oricărei mișcări, iar forțele sunt resimțite în multe direcții asupra vasului exercitându-se o medie a acestor forțe.



Creșterea temperaturii crește vitezele particulelor, astfel încât forțele exercitate asupra pereților vasului devin și mai mari. Căldura este transferată moleculelor, mărind energia cinetică și făcându-le să se miște mai rapid. „ „ Când se ciocnesc cu pereții, transferă și mai multă energie cinetică mărind din nou presiunea.

Micșorarea volumului mărește densitatea gazului, astfel încât se produc mai multe coliziuni cu pereții, iar presiunea crește din nou. Temperatura crește și ea, deoarece, energia conservându-se, moleculele accelerează când sunt într-un spațiu restrâns.

Unele gaze reale nu urmează întocmai această lege, în cazul gazelor cu molecule mici sau complexe, pot exista forțe suplimentare între acestea, ceea ce înseamnă că au tendința să fie mai compacte decât particulele gazului ideal. Astfel, de forțe de adeziune pot apărea datorită sarcinilor electrice ale atomilor care compun moleculele și sunt mai accentuate dacă gazul este extrem de comprimat sau la o temperatură foarte scăzută, condiții în care moleculele se mișcă mai lent. Moleculele cu adevărat aderente, cum ar fi proteinele sau grăsimile, nu devin niciodată gaze.

Presiune și altitudine Când urcați pe un munte de pe Pământ, presiunea atmosferică scade, comparativ cu presiunea de la nivelul mării doar pentru că

MAÎEWVIIȘCARE

deasupra voastră este mai puțină atmosferă. Ap observat poate, că această scădere a presiunii coincide cu

LEGBÎAZULIDEA

& scădere a temperaturii. Uite, la înălțimea zborului cu un sinot, temperatura din exterior scade mult. Aceasta este o demonstrație a Legii gazului ideal.

La altitudine mare pentru că presiunea atmosferică este scăzută, apa fierbe la temperaturi mult mai mici decât la nivelul mării. Deoarece mâncarea nu fierbe bine, alpinștii folosesc uneori oale sub presiune. Însoșii Chiriei Darwin s-a plâns că nu a avut una, în timpul expediției sale în Anzulin 1835, deci povestea despre „oala cu aburi” inventată de fizicianul francez Dumas. În fine, la sfârșitul secolului al XIX-lea

După cum spunea Darwin în Călătoriile vasului Beagle

În iotul în care am găsit apa a fiert din cauza presiunii scăzute a atmosferei, la temperaturi mai mici decât într-o zonă mai puțin înaltă așa stând în crunte, ar fi fost neînțeles de o oală a lui Darwin. Cartofii după ce au stat câteva ore în apa cote fierbea, erau aproape la fel de tari ca la început. Dăla a fost încălziată pe toată noaptea, iar a doua zi dimineața a fost pusă din nou la fiert dar cartofii tot nu s-au înmuiat. Am aflat, auzindu-i pe doi dintre însoțitorii mei discutând despre cauza acestui fenomen, că el ajunseseră la concluzia simplă că „afunșii” asta de oală (care era nouă) nu a vrut să fiarbă cartofii.

Vidul Dacă ați putea zbura deasupra munților, până la limita atmosferei poate în spațiu, presiunea ar scădea până aproape de zero. Unind perfect nu ar conține niciun atom, dar nicăieri în univers nu există așa ceva. Chiar și în spațiul cosmic sunt împrăștiți atomi, doar câțiva atomi de hidrogen într-un centimetru cub. Filosofi greci precum Platon și Aristotel credeau că poate exista și vidul, deoarece „nimic” nu poate să existe.

Astăzi conceptele mecanicii cuantice au contrazis ideea vidului ca spațiu gol, sugerând că acesta este plin de particule virtuale care apar și dispar. Cosmologia sugerează chiar că spațiul poate avea o presiune negativă, care se manifestă ca energie întinse, accelerând expansiunea universului. Se pare că într-adevăr, natura detestă vidul.

Idee de bază fizica oalei sub presiune

09 Logea doua a termodinamicii

Cea de-a doua lege a termodinamicii este unul dintre cele mai importante principii fizicii moderne. Ea spune că căldura se transmite de la corpurile calde la cele reci, și nu invers. Deoarece căldura este o mărime care măsoară dezordinea sau entropia, prin urmare, în orice proces spontan, entropia totală a sistemului și a mediului său crește totdeauna. Această lege este legată de faptul că timpul, desfășurarea evenimentelor și evoluția universului.

Când turnăm cafea fierbinte într-un pahar cu gheață, gheața se încălzește și se topește, iar cafeaua se răcește. V-ați întrebat vreodată de ce temperaturile nu devin și mai extreme? Cafeaua ar putea extrage căldură din gheață, devenind și mai fierbinte, iar gheața ar deveni și mai rece. Experiența ne spune că așa ceva nu se întâmplă, dar care este cauza?

Tendința corpurilor calde să se răcească și să schimbe căldura și de a se îndrepta spre o temperatură egală este redată în legea a doua a termodinamicii. Aceasta spune că, în general, căldura nu se poate transmite de la un obiect rece la unul cald.

Prin urmare, cum funcționează frigiderul? Cum putem răci un pahar de suc de portocale dacă nu putem să îi transferăm căldura spre altceva? Legea a doua a termodinamicii ne permite să tăcem acest lucru doar în condiții deosebite. Ca produs secundar al răcirii unor lucruri, frigiderul generează și multă căldură, după cum puteți observa dacă puneți mâna pe spatele unui. Deoarece degajă căldură, frigiderul nu încalcă Legea a doua a termodinamicii, dacă luăm în considerare energia totală a frigiderului și a mediului din jurul său.

OGIE

1150 c.Hr. 1824

1850

Formularea preliminară a unei teorii
perpetuum mobile.

În: "L'Électricité", n. 1, definește "forța" și

Legea a doua a termodinamicii
pune în discuție
termocinetica.

enunță legea a doua a termodinamicii.

LEGBTOOUATERMODfNAMfcII

Enl i'upia Căldura este, de fapt, o măsură a deordmu, iar, în firid, dezordinea este deseon definiți ca „entrcpie”, care măsoară modurile în care im număr de obiecte ec por aranja dc la smc ¹ în pachet de spaghetti nefierte, un pachet dc paste aliniat și strânse, are entropie redusă, întrucât este bine ordonat. Când pastele sunt puse într-o oală cu apă clocotită și firele se încurcă între ele, nu mai sunt ordonate și au entropie mai mare. Dacă jucăriile sunt întinse pe podea, au entropie redusă, dar distribuțiilor are entropie mai mare dacă jucăriile sunt împrăștiate pe podea.

Ce are actrt luciu de-a face cu frigiderul? Lin alt mod dc a enunța Legea a doua a termodinamicii trie acela că, în cazul unui sistem mărginit, entropia crește; nu scade nicwdală Temperatura este în med direct legată dc entropie, iar corpurile reci au entropie scăzută. Atomii lor sunt mai puțin dezordonați decât cei ai

corpurilor fierbinți, care se mișcă mai mult. Prin turnate, orice schimbări în entropii unui sistem, luând în considerare toate părțile acestuia, trebuie să producă un efect net, care este o creștere în cazul frigiderului, răcirea socului de portocale îl scade entropia, dar această scădere este compensată de aerul fierbinte pe care aparatul îl produce. De fapt creșterea entropiei provocată de aerul fierbinte depășește orice scădere provocată de răcire. Dacă analizați întregul sistem, frigider și mediul înconjurător, atunci Legea a doua a termodinamicii rămâne valabilă. O altă modalitate de a enunța legea este că entropia crește totdeauna.

**LA FEL CUM
CREȘTEREA
CONSTANTĂ A
ENTROPIEI ESTE LEGEA
A UNIVERSULUI.
LEGEA
FUNDAMENTALA A
VIEȚII ESTE SĂ FIE ȘI
MAI STRUCTURATĂ ȘI
SĂ LUPTE ÎMPOTRIVA
ENTROPIEI.**

Cea de-a doua lege a termodinamicii se aplică în cazul unui sistem izolat, ermetic, în care nu există influx, respectiv ieșire de energie. Energia este conservată în interiorul sistemului. Universul în sine este un sistem izolat, prin aceea că nimic nu există în afara lui, prin definiție. Prin urmare, în universul ea întreg energia este conservată, iar entropia trebuie totdeauna să crească. În zone mici se poate înregistra o ușoară scădere a entropiei, de exemplu prin răcire, dar aceasta trebuie să fie compensată, ca în cazul frigiderului, prin încălzirea altor

1860

James Clerk Maxwell popularizează
termenul de entropie.

2007

Luigi Prigogine și
Ilya Prigogine

MAÎEWVIIȘCARE

dunianită.

MAÎEWVIIȘCARE

Universul (ne)elegant?

As^r.rLi"Gr|'.i j ' ^e^ljL. ratfirt, s£ Mltdea L
JuBi^H rne-Jit! îi i/Hverîulu adufiâM lumii > e
■.uLuTir ntnlmnr, și nu nF ntțfl ar:i?ntn nu HHJo
g:: :: m - iiijr/ sol .ii'IGL¹'..

■ ci

Fini rirgratafi .în Cern' Tir " I. r-i: _ ■'c'îlr nihorau
idi? BH qțnd enitrtipiri m invirtje, pini la uimi,

regiuni și crearea de mai multă entropie, astfel încât valoarea entropiei să crească pe ansamblu.

Cum arată, cum se manifestă a creștere a entropiei? Dacă turnați sirop de ciocolată într-un pahar cu Lapte, entropia este născută la început; laptele și siropul sunt în porțiuni distincte, alb și maro. Dacă măriți dezordinea,

amestecând, atunci moleculele se amestecă. Funcții! final de maximă dezordine este aluna când siropul este complet amestecat în lapte, iar băutura devine bcj-deschis.

DKS ne gândim din noii la întreg univmuli cea de-a doua lege » tecmodiriam>ctl implică și faptul că atomii devin dio ce în ce mol dezordonat, în timp. Orice aglomerări de matme se vor dispersa treptat, până când în uruvers vor mai fi doar atoni Așadar, soarta fir.alâ a unrvsului, care a început prin a fi o tapiserie multrcolcrâ de stele și galaxii, este să ajungă o mare gri de atomi amestecați Când uniTOrsu] se nț fi extins atât de mult încât galaxiile TOT fi distruse, iar matma sa va fi diluată. tot ceea ce va rămâne va fi o supă de particule Această stare finală, presupunând ca universul va continua sase extindă, este cunoscută ca „moarte termica"

PfîfpctIUFli mobile întrucât căldura este o formă de energie, aceasta poate fi pusă la lucru. Un motor cu abun transformă căldura în mișcarea mecanică a unu piston sau a unei turbine, care poate produce electricitate. O mare parte a științei termodinamicii s-adesvoltat în scooiul al XIX-lea din ingineria practică a motoarelor cu abun. în loc să fte dedusă mai întâi de fizicienii teoretici. O altă implicație a Legii a doua a termodinamicii este faptul că motoarele cu aburi și alte motoare care rămân fără energie termică nu sunt perfecte. 111 once proces în care căldura se transformă în altă formă dc energic se pierde puțină energie, astfel încât entropia sistemului în ansamblu crește.

Idcea unui perpetuum mobile, un motor care nu pierde niciodată energic fi. den. poate funcționa continuu, i-a urmărit pe savanți încă din Evul Mediu. Legea a doua a termodinamicii le-a spulberat speranțele, dar, înainte ca

MAÎEWVIIȘCARE

aceasta să fie cunoscută, mulți n realiwt proiecte ale unor pwibile mecanisme.
Robcrt fcyie a imaginat o cană care κ golea și se umplea singură, iar
matematicianul indian Hhaskara

LEGEA A DOUA A TERMODINAMICII

s-a imaginat o roată care își întreține rotația lansând greutatea de-a lungul spițelor. În realitate, la o privire mai atentă, ambele mecanisme pierd energie. Ideile ca acestea erau atât de răspândite încât, chiar și în secolul al XVIII-lea, mecanismele perpetuum mobile căpătaseră un renume prost. Atât Academia Regală de Științe din Franța, cât și Biroul American pentru Patente le-au interzis ca subiect de discuție. Astăzi acestea rămân de domeniul inventatorilor excentrici cu laboratoare în magazia din curte.

Demonul lui Maxwell Una dintre cele mai controversate încercări de a învinge Legea a doua a termodinamicii a fost propusă ca un experiment mental de către fizicianul scoțian James Clerk Maxwell, în anul 1867. Imaginați-vă două cutii cu gaz, una lângă alta, ambele la aceeași temperatură. Între cele două cutii se face o gaură mică, astfel încât particulele de gaz să poată să treacă dintr-o cutie în alta. Dacă una ar fi mai caldă decât cealaltă, particulele ar trece din cea caldă în cea rece și ar egala treptat temperatura. Maxwell și-a imaginat că ar exista un demon microscopic care ar lua doar moleculele rapide dintr-o cutie și le-ar împinge în cealaltă. Astfel viteza medie a moleculelor din cea caldă ar crește, în detrimentul celei din cea rece. În urma acestui postulat Maxwell, căldura ar putea fi mutată din cutia rece în cea mai caldă. Nu ar încălca acest proces Legea a doua a termodinamicii? Ar putea fi căldura transferată în cutia mai caldă prin selectarea moleculelor potrivite?

Explicația de ce demonul lui Maxwell nu ar putea funcționa îi intrigă pe fizicieni de atunci până astăzi. Mulți au argumentat că procesul măsurării vitezelor particulelor și al deschiderii și închiderii unei trape ar necesita energie, deci entropia sistemului nu ar scădea. Cel mai mult s-a apropiat de o „mașină demonică” fizicianul James Clerk Maxwell din Edinburgh, care a lucrat la scară nanometrică. Creația lui este separată, într-adevăr, particulele rapide pe cele lente, dar are nevoie de o sursă externă de energie pentru a face acest lucru. Deoarece totul există, trebuie să existe un mecanism care să poată mișca particulele fără să folosească o energie suplimentară, fizicienii nu au găsit până astăzi o modalitate de a încălca legea a doua.

a ită «jiritne a
tecfo
tftjrtititjrtj:ii

LEGEA ÎNTÂI Nu poți
crea sau distruge
energie
niB^lat, p. M1

LEGEA A DOUA
Nu poți crea sau
distruge entropie
niB^lat, p. M1

LEGEA A TREIA Nu poți
crea sau distruge
entropie
niB^lat, p. M1



Idee de bază legea dezordinii

1 Zeroabsolu

Zero absolut este **t** punctul imaginar în care o substanță este atât de rece în cât »lunii
dar nu sfitează să .se miște. Zero absolut nu 3 hsl fitrns niciodată, nici în natură, nici
în laborator. Dar savanții s au apropiat foarte mult. Poate că este imposibil să se
ajungă la zero absolut și. chiar dacă ajungem, eâte posibil sa no țtim, pentru că nici
un termomomir nu l-ar putea indica

Când măsurăm temperatura unui corp, măsurăm energia medie a particulelor în care îl alcătuiesc. Temperatura arată cât de repede vibrează sau se mișcă particulele. Într-un gaz sau într-un lichid, moleculele sunt libere să circule în orice direcție și se ciocnesc des uneori cu altele. Așadar, temperatura este legată de viteza medie a particulelor. Într-un solid, atomii sunt prinși într-o structură de tip grilă, ca piesele de Lego Meccano, ținute împreună de legături electronice. Când corpul se încălzește, atomii au multă energie și vibrează mult, ca o gelatină, rămânând, în poziția lor.

Când răcești un material, atomii săi se mișcă mai puțin. Într-un gaz, vitezele lor scad; într-un solid, vibrațiile lor se reduc. Pe măsură ce temperatura scade din ce în ce mai mult, atomii se mișcă din ce în ce mai puțin. Dacă este răcită suficient de mult, o substanță poate deveni atât de rece, încât atomii ei se opresc complet. Acest punct final ipotetic este denumit zero absolut.

Scali- Kelvinii Noțiunea de zero absolut a apărut în secolul al XVIII-lea, prin extrapolarea unui grafic al temperaturii și energiei către zero. Energia crește proporțional cu temperatura. În linia care unește cele două mărimi poate fi proiectată înapoi, pentru a se găsi temperatura la care energia atinge valoarea zero: -273,15 grade Celsius sau -459.67 grade Fahrenheit.

1702 Or.

Guillaume Arrhenius propune o definiție pentru unitatea de măsură a temperaturii.

1777

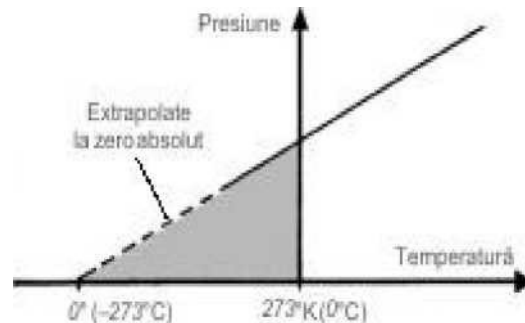
Lavoisier propune
o scară de temperatură
care este în raport
direct proporțională.

180

Gay-Lussac definește punctul de îngheț al apei
la -273 grade Celsius.

ZERFÖSOLUT

În «colul al XIX-lea, Indii! Kiehrtn a propus a noul scaii de temperatură care începe la zero absolut. Kelvin a luat practic scara de temperatură Celsius și a convrtit-o la «an sa. Pun urmare. în loc ca temperatura dc îngheț a apel aă fie 0 grade Celiius. este 273 grade Kchrin,. iar temperatura dc fierbere este 373 grade Kelvin [echwalefttu a 100 da grade Cehta}. Domeniile superioare ale acestei sekn sunt marcate de repere, cum ar fi punctul triplu al apei, temperatura la cate {la o anumită presiune] pot



OTCMBta apa în stare lichidă, vaporii și gheață, fenomen care se produce la 273,16 grade Kelvin sau 0,01 grade Celsius, la presiuni scăzute {mai puțin de 1% din presiunea atmosferică}. Astăzi, cei mai mulți savanți folosesc «ara Kelvin pentru măsurarea temperaturii.

Mărkte îngheț! Cât de frig ar fi la zero absolut? ftime turn este când temperatura dc afară atinge punctul dc îngheț sau când începe să ningă. Respirația îngheață, iar degetele încep să amorțească. Este destul de frig în unele zone din America dc Nord și din Siberia se poate ajunge la temperaturi dc -10 sau -20 de grade Celsius la lama, iar la Polul Sud temperatura poate ajunge la -70 de grade Celsius. Cea mai scăzută temperatură înregistrată pe Pământ este -89 de grade Celsius, sau 184 de grade Kelvin, măsurată la Vostok, în inima Antarcticii, în 1983.

Temperatura scade și atunci când urci un munte sau zbori în atmosferă, într-un avion. Dacă zbori în spațiu, este și mai frig. Dar chiar și în cele mai îndepărtate și mai pustii locuri din univers, atomii ocl mai rect au temperaturi cu câteva grade peste zero absolut. Cel mai rece loc descoperit până acum în univers este un nor

CUM ÎMI PLACE SĂ ÎMI PĂSTREZ ACADELELE LA ZERO ABSOLUT, FOLOSESC SLABA KELVIN MAI MULT DECÂT MAJORITATEA AMERICANILOR. MI SEPARĂ CĂ DESERTURILE NU SUNT DELICIOASE DECÂT DACĂ ÎN ELE NU ARE LOC NICI O MIȘCARE MOLECULARĂ.

1348

1900

1930

1954

Lite defrtâ kFJ
de Le'npcr Jtur j
KcMm.

Kf vir tuitine
Kflfpnnțadeipr-!'
jcu. de nrtT.

ijjjfjtcnls rțpeii menii
le indicii maițxirt
punctul zsin jtiulut.

Zero ,i EW j1 «te defin
it oficial 11-273,15
grade Leliu!.

briynBcat de gaz, care se află în Nebuloasa Bumerang. unde temperatura est? di doar un grad peste zero absolut.

hi afara itistel nebuloase, în spațiul pustiu. temperatura «te de ipradmativ 2,7 grade Kelvin. Această temperaturi de baie călduță este datorată micrc-undelor radiațiilor cosmice, călduri rămasă de ta Big Bang, care n împrăștiat în întreg spațiul (vezi p. 18[^]). Pentru a se răd mal muh, regiunile trebuie sa fie izolate de această căldură fi toți atomii trebuie să își piardă căldura reziduală. Prin urmare, este, practic, de nccencccput ca vreun loc în spatio să atingă temperatura zero absolut.

hnj iuu;unirii Temperaturi ți nul scăzute au fost atinse, temporar, în laborator, unde fizicienii au încercat ri se apropie de zero absolut pentru intervale scurte de timp, tis-au apropiat foarte mult, mai mult decât în spațiul exterloii.

în laboratoare sunt folosite multe gaza lichida de răcire, dar acestea surrt mal calde decât «m absolut. Azotul poate fi răcit până când devine lichid, la 7? grade Xelvin (-196 grade Celslua). Azotul lichid este upor de transportat tn cilindri metalici și lerie folosit în spitale pentru păstrarea probelor biologice, inclusiv pentru păstrarea embrionilor și a

**ÎN TIMPUL PRIMEI
JIINIăTfip A CARIEREI
LU1THOMSDN. ACESTA
PĂREA SĂ NU PtiATÎ
SĂ GREȘEASCĂ, ÎN
TIMP CE ÎN A DOUĂ
JUMĂTATE A CARIEREI
SALE RĂREA SĂ NU
POATĂ SĂ AIBĂ
DREPTATE.**

spermei congelate în dimcile de fertilitate Este folosit, de asemenea, șt în electronica avansată. Când este rărită prin scufundarea în azot lichid, o garoafă devine atât de casantă încât se sparge ca porțelanul dacă este scăpată pe jos.

Heliul lichid este chiar mai rect, arc doar 4 grade Kelvin, dar tot are peste zero absolut. Amestecând două tipuri de heliu, heliu 3 și heliu teste posibil să se răcească amestecul până la câteva miimi de grad XeNin.

Pentru a atinge temperaturi și mai scăzute, fizicienii au nevoie de o tehnologie ți mal avansată, în 1994, la American National Institute lor Standards and Technology (tiliTj din Eoulde,

C. WbHurl, 1969

Colorado, cercetătorii au reușit ri răcească atomi de cesiu, folosind lasere, până la 700 de miliarde dintruii grad Kelvin. Nouă ani mai târziu. cercetătorii de la Massachusetts Institute of Technology au ajuns și mai aproape dc zero absolut,

atingând temperatura de 0.5 miliarde dintr-un grad Kelvin.

Lordul Kelvin 1824-1907

r-jcmnul hritatic lixd <ekr, uc^uui 'A'-.a-i
ih>iiuLifi d abonat i-iuLa taiqă d-' dungii -..l
cccinniLfŧt.1 ;i n nalrt.,n di'ti tinti! c; r:hni rin:
qla> "cnl.'Ti cj n rcntrhu-!. ta cnnshuirii.i
i'■ ■■l::LiL crih'u ihmrr-ir. L'înn.ittanLC [icinPn
tra—.-nŧi.ini tnhgrwic;? T'xrr.i-n 4 TAihcnt.
pŧishe f.Cî cil iiritir ŧi g fost, ncir pi:ŧ<i:ir:n . ii'i
ii:' m cmiicii Sxii^H.i R<Hj: n,n l ccndr.i A
Fm:: ,n Fuir. în r v'-T'jr nr; i ■■nFu/.il. r. i
gCptcrta BHHitEn/ŧn obomibr; E n npjs tixinu¹
VHJh^pnitita n lu Carmin ŧi trariilo" : "nidtc p-
Mnc ŧTj Plrr inL_.li;> !, : iina-rki. ncinirnj.. i;n
niiLFclfri tnc^i"! i-/î'n'ji!:- n rumcrwiBe
c:nnr.Th'i:r :i pînriFrcn .1 primit -.■i...l c:ci
Ramn £■ vn din l nrgs ci.ci.pfl ; Q„l ŧtikt

r.iirt LT—ii pr.- r.nripi jiiij' UnvgŧŧrHiŧil ii -
Eitasgow ŧi dupij ?".iŧi;l piki rrtiAl, l ipjs. ::<! pr
rn&ŧwScnfii '■ ■]=>:<>, <r /n 1 n pjnFgnntŧ
mlrtirfl |q Innhit.iiiji Riijii! nl Mnn RnLa""i 'n CST n
deprins 'nfitu) r.'i JrvTWŧŧf? ŧi cihiiL.nrnîi Liwniii'
rui fnsh umbrite ::<i ,dEii riiri¹. ŧi an;jTi:i bsorn
ni:: .1!. :■! mrpliji negru ŧ intnrrajnw ŧŧijptK ::i
a dmicapen ..titenjl" sau mediul i_ :ir: ^î fir "
ciaTi |g pnhsupurii H ci lym ".l cjUatorEŧte CtfB
(Jra.i3 pranebe pi¹ Dom ii. ii Mimndat avi au sii
Fin Milntxinafj m;u Tir^ip da tfjoril* mlijuvitiŧii
ŧ; ci.! rr'imrii: n cuiinKin.diir „hc4Ti;r i; a !.—
aduit ni! le niZbhiii c:u Rtiu nu^Lnnanii
a epocii Hale

ijitr-adevăj, ZBTD absolut ŧrte 0 idee ahtrnrtl Mu A fast atins nhdodoH în laborator, nici nu a
fort mfcurat vreodată în natură. Fc mAtură ce încearcă aă M apropiie ntai mult,
cercetători] trebuie fă accepte ideea că este posibil ca punctul zero absolut ŧi nu poată fi
atins, de fapt cu certitudine.

De ce ar fi astfel? En prunul rând, pentru că odne termoinelju care nu ar avea chiar ei
temperatura wro absolut ar adăuga căldură ŧi ar împiedica atingerea acestui punct ici a]
doilea rând, este dificil să se măsoare temperatura la niveluri atât de joase de energie, la
care intervin alte efecte, cum ar fi superconductnritatca pi legile mecanicii cuantice,
afectând nuicânleŧ] stările atomfior. Aŧadar, nu am putea ŧti niciodată cu certitudine că
am ajuns în acel punct. În cazul lui zero absolut, am putea spune, ca Gertrude Steln, că:
„acolo jiueidită".

Idee de bază marele îngheț

Miscare±rowniană

Mișcarea br^wniana descrie mișcările bruște ale particulei or mici când sunt lovite de molecule Invizibile de apa tâu de gaz. Botanistul Bobért Brm t otBervet-o pentru prima dats, în timp ce privea particule de polen pe lamelele umede ale microscopului, dar Albert Einstein a (ost cel care a descris-o matematic. Mișcarea browniană explica modul m caro se diiuzeari poluarea în aer sau în apa liniștită ?i descrie multe procese întâmplă!oare, de la inundații la evoluția bursei Etapele sale imprevizibile sunt legate de tracta li

Botanistul din secolul al XIX-lea Robert Brown privea la microscop granule de polen, când a observat că acestea nu stau pe loc, ci tâșnesc de jur împrejur. Pentru o clipă, s-a întrebat dacă nu cumva sunt vii. Evident, nu erau vii, dar erau împinse decolo-colo de mișcările moleculelor de apă pe care Brown o folosisese ca să umezească lamelele de sticlă. Particulele se mișcau haotic, uneori puțin, iar alteori destul de mult, și alunecau pe lamelă, pe traiectorii care nu puteau fi prezise. Și alți cercetători au studiat fenomenul lui Brown, care a fost numit după el mișcare browniană.

PiimljiirE lii întompllrE Mișcarea browniană se produce pentru că o mică particulă de polen primește o lovitură ușoară ori de câte ori o moleculă de apă se ciocnește de ea. Moleculele invizibile de apă se mișcă și se ciocnesc uneori de altele tot timpul și, în urmărire, se ciocnesc regulat de polen, împingându-l de colo-colo. Chiar dacă o granulă de polen este de sute de ori mai ușoară decât o moleculă de apă, deoarece polenul este lovit în fiecare clipă de multe molecule, care se mișcă fiecare în direcții aleatorii. există, de obicei în dezechilibru de forțe care îl face să se miște puțin. Arestă tucru să întâmplă întruna, iar granula de polen lovită urmează

cea 420 i.Kr.

DfntK/rt poit'j «ij
nt.ilenți atom or

Bhjuwii Eibtenâ im'_{H}:
jri'.i POLțfiulul și
prapunr a explicați:.

MISCARBAÛWNIANĂ

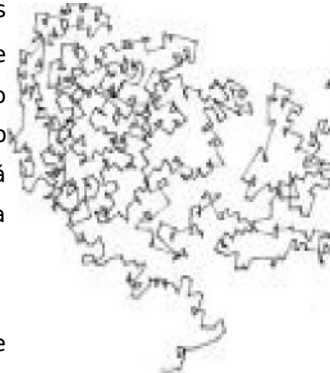
o traiectone încâlcită, asemănătoare celei a unui bețiv care se datină pe picioare. Traectoria polenului nu poate fi prezisă, deoarece moleculele de apă se ciocnesc aieatonu de granule, artfcl încărt acestea pet sân în orice direcție.

Mișcarea browniană afectează orice particule mici aflate în suspensie într-un lichid sau într-un gaz Acest fenomen se poate observa chiar și în căzui unor particule destul de mari. cum ar fi particulele de fum tare dansează pnn aer, văzute prinți-o lupă. Mărimea impulsurilor pe care le primesc particulele depinde de momentul cinetic al moleculelor. Așadar, o mișcare mai amplă se poate observa atunci când moleculele de lichid on de gaz sunt grele sau atunci când acestea sc mișcă repede, de exemplu, dacă fluidul este fierbinte.

Formulele matematice din spatele mișcării browniene au fost studiate încă de la sfârșitul secolului al XDÎ-lea, dar Einstein a fost cel care le-a adus în atenția fizicienilor într-o lunare din L1M5, același an în care a publicat Teona

relatrivitișu și o explicație a efectului fotoelectnc care i-au adus

Premiul **Notei**. Einstem a preluat teoria căldurii, bazată tot pe coliziuni moleculare, pentru a explica cu succes mișcarea pe care o observase Brc ivn. Văzând că mișcarea browniană aducea o dovadă a existenței moleculelor în fluide, fizicienii au fost siliți să accepte teoria atomilor, caic era încă pusă ia îndoială chiar și ta începutul secolului **XX**.



■ Plfiibarea
lafrr1âmpla<
H' aniiș:urii
brawnier»

Difuzia în timp, mișcarea browniană poate face particulele să se miște pe o distanță destul de mare, dar niciodată mai departe decât dacă traiectoriile lor ar fi fără obstacole, iar ele s-ar mișca în linie dreaptă.

Întâmplarea poate face, în egală măsură, ca o particulă să se înloareă sau să meargă înainte Prin urmare, dacă un grup de particule ar fi aruncat în același loc într-un lichid, particulele s-ar împrăști spre exterior, chiar dacă nimeni nu ar amesteca sau dacă nu ar fi curenți în lichid. Fiecare particulă ai pomi pe drumul **său**, făcând picătura concentrată să se împrășteie într-un nor difuz. O astfel de

1905

[inilcin deîerninj lornulelu
matemitiș d n Apatr e nișc
jni hr:wnirmp

anii 190D

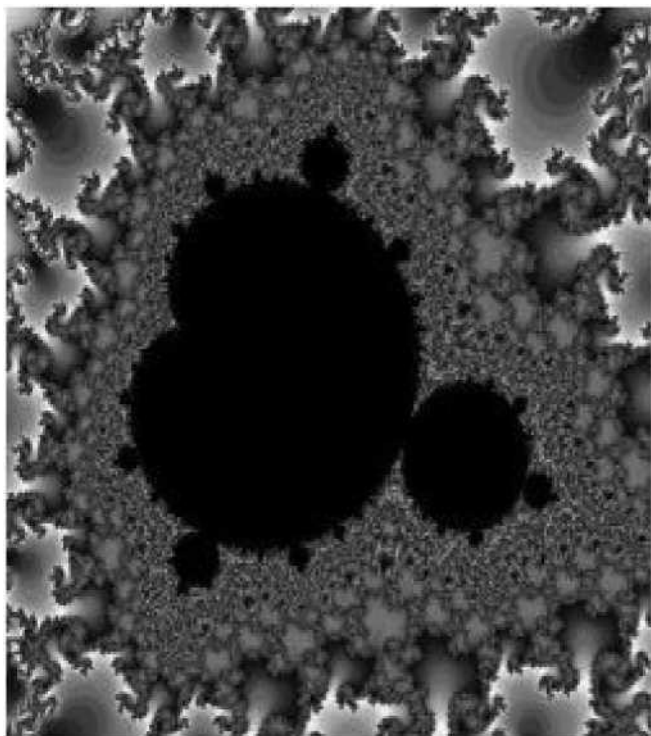
MinddifVt dcimpcră frictalll

MATECIIWVIIȘCAR E

difuziei este importantă pentru aflarea modului de împrăștiere a poluării dintr-o sursă, cum ar fi împrăștierea aerosolilor din atmosferă. Chiar dacă nu este vânt, toate substanțele chimice se vor difuza datorită mișcării browniene.

Fiecare traiectorie urmată de o particulă în mișcare browniană este un exemplu de fractal. Fiecare pas pe traiectorie poate fi de orice mărime și în orice direcție, dar, în ansamblu, există un model care poate fi observat. Acest model are o structură de modulații de toate gamele de mărime, de la cele mai mici imaginabile până la unele destul de mari. Aceasta este caracteristica definitorie a unui fractal.

Fractalii au fost definiți de către Benoit Mandelbrot în anul 1960 și 1970, ca o modalitate de a cuantifica formele auto-similare. Prescurtarea de la dimensiuni fracționare, fractalul sunt tipare care arată în esență la fel la orice scară. Dacă măști o mică parte a tiparului, aceasta arată la fel ca tiparul la o scară mai mare, astfel încât nu vă puteți da seama care este partea mărită. Aceste tipare repetitive la orice scară apar frecvent în natură, de exemplu, în încrețiturile coastelor marine, în crengile unui copac, în frunzele defructate sau în structura hexagonală a unui fulg de zăpadă.



Dimensiunile fracționare apar deoarece lungimea în dimensiunea depinde de scara la care priviți. Dacă măsurați distanța dintre două orașe de pe coastă, ați putea spune că sunt 30 km, dar dacă luați în considerare fiecare piatră și măsurați prin jurul fiecăreia cu o bucată de sfoară, s-ar putea să aveți nevoie de o bucată de sfoară de 100 km ca să faceți acest lucru. Dacă mergeți mai departe și măsurați prin jurul fiecărui grăunte de nisip de pe coastă, ați putea avea nevoie de o sfoară de sute de kilocm. Așadar, lungimea absolută în acest caz depinde de

MATEfcwVIIȘCAR E

scara la cate măsurațL Daci blurați tutui până

MISCARBAOWNIANĂ

la un nivel mare, atunci TEVINItj La cunoscuții 30 km. ir. acest sens, dimensiunile fracționare măsoară rugozitatea unui lucru, fie un nor, un copac ttu un lanț muntos. Multe dintre aceste forme fractale, cumai fi linia unei coaste majtne, pot fi produse de o sene dc păți dc mișrfd aleatorii, dc aici legătura lor cu mișcarea browniană.

Formulele matematice ale mișcări1 browniene sau ale unei secvențe de mișcări aleatorii pot fi folosite pentru a genera tipare fractalc care sunt utile în multe dementi ale științei. Ec pot crea peisaje virtuale cu munți, copaci și non pentru jocun pc computer sau pot fi folosite în programe de oritografien spațială care să aprte roboții să se deplaseze pc teren accidentat, modelând crestele și crevasele acestuia. Medicii le găsesc utile în imagistica medicală, când trebuie să anali mc structura unor părți complexe ale corpului, cum ar fi plămâni, în care structun ramificate sc regăsesc dc la scară mare la scară mică.

Ideile legate de mișcarea browniană sunt utile și pentru prezicerea rbcurilcj și a evenimȃTiirlnr din viilor caie sunt rezultante ale multor evenimente aleatorii, cum ar fi inundații le și fluctuațiile bursei Bursa poate fi analizată ca un portofoliu dc acțiuni ale căror prețuri variază aleatoriu, ca mișcarea browniană a unui grup dc molecule. Mișcarea browniană apare și în modelarea teoretică a altor procese sociale, cum ar fi cele de producție și ȃo luare a decizidor. Mișcările aleatorii ale nușcân1 hrowniene au o mare influență ș: apar sub diverse forme, nu doar în dansul frunzelor dintr-o ceașcă de ceai.

Idee de bază un dans microscopic invizibil

1 Teoria haosului

Teoria haosului alina ca modificările inițiale ale condițiilor lor pot avea urinări mai târziu. Dacă plecați din casă cu 30 de secunde mai târziu, chiar dacă ați pierdut autobuzul, este posibil să întâlniți pe cineva care să vă spună despre un nou loc (fără muncă, schimbându-vă viața pentru totdeauna). Ce mai cunoscută aplicare a teoriei haosului este în meteorologie, unde o adiere slabă de vânt poate declanșa un uragan în cealaltă parte a planetei așa-numitul „efect fluture”. Totuși, haosul nu este haotic în „sensul propriu” și cuvântul este, deoarece în el se observă tipare.

Bătăia aripelor unui fluture din Brazilia poate produce o tornadă în Texas.

Așa spune Leorile haosului. Teoria haosului admite faptul că unele sisteme pot avea comportamente foarte diferite, deși au puncte de pornire foarte asemănătoare. Clima este un astfel de sistem. O foarte mică variație de temperatură sau de presiune într-un loc poate declanșa un șir de evenimente care să ducă la o ploaie torențială în alta parte.

Haos este, într-o măsură, o denumire greșită. El este haotic în sensul de nestăpânit, imprevizibil sau lipsit de structură. Sistemele haotice sunt deterministe, prin urmare, dacă știți cu exactitate punctul de plecare, sunt previzibile și reproductibile. Fizica elementară descrie serii de evenimente care se desfășoară în același mod. Dar, dacă luați în considerare un rezultat final, este imposibil să vă întoarceți și să spuneți de unde a provenit acel rezultat întrucât mai multe căi pot să ducă la el. Se întâmplă astfel deoarece diferențele dintre condițiile care au produs rezultatul sau altul pot fi minuscule, chiar imposibil de măsurat. Așadar, rezultate divergente apar din modificări mici ale condițiilor inițiale. Din cauza acestor divergențe, dacă nu sunteți siguri în legătură cu valoarea unei mărimi

Seafsetvi tDmpfttammtul l
aplii jl b iHlDi debil jrd ale lu
hdtfaflatrli.

Loien! luc.rii.ki a
pragnCMe metar dogite.

TEOfiMfiOSULUI

inițiale. atunci gama de comportamente rezultate în consecință poate fi vastă. În cazul
climei, dacă temperatura adierii de vânt este diferită cu doar o fracțiune de cea pe care o
presupuneți, atunci prognozele pot fi complet greșite și nu poate produce mai o furtună
violentă, ci mai degrabă o ploaie ușoară sau o tornadă cumplită în orașul vedre Meteorologii
au. deci, limite în perioada pentru care pot construi modele teoretice ale vremii. Chiar cu
imense cantități de date cu privire la starea atmosferei, de la roiriile de sateliți care se
învârt în jurul Pământului și ai stațiilor meteorologice de pe acesta, meteorologii pot face
prognoze pentru doar câteva zile. După acest interval de timp, incertitudinile devin
preaman din cauza haosului.

Evoluție Teoria haosului a fost elaborată în anii 1960, de către matematicianul și
meteorologul american Edward Lorenz. Folosind un computer pentru realizarea modelelor
matematice ale climei, Lorenz a constatat că programul său genera prognoze extrem de
diferite doar pentru că datele introduse erau rotunjite diferit. Lorenz a împărțit programele
de simulare în mai multe etape și a încercat să reia calculele de la mijlocul simulării, tipărind
datele și apoi reintroducându-le din nou. Datele erau rotunjite după trei zecimale, pe care
el le testa, dar memoria computerului lucra cu numere cu șase zecimale. Așa că, atunci
când 042 34 56 era înlocuit cu 029111 mijlocul simulării. Lorenz a observat că prognoza
obținută era total diferită. Mici erori produse printr-o rotunjire a datelor aveau un efect profund
asupra prognozelor meteorologice finale. Modelele sale erau reproductibile. deci nu aleatorii,
dar diferențele erau greu de înțeles. De ce o mică modificare a codului genera un model de
vreme frumoasă într-o simulare sau furtuni catastrofale în altele?

Analizând mai amănunțite a observat că modelele de vreme rezultate erau limitate la un
domeniu, pe care l-a denumit atractor. Nu era posibil încă să se genereze crize. Tip de
model meteorologic variind datele introduse. ci era favorizat unanimul tip de modele, deși era
greu să preriei, cu exactitate, în funcție de datele introduse, care urma să fie acela. Aceasta
este o caracteristică fundamentală a sistemelor haotice - ele urmează un tipar, dar drumul
înapoi de la un rezultat final la datele specifice nu poate

2005

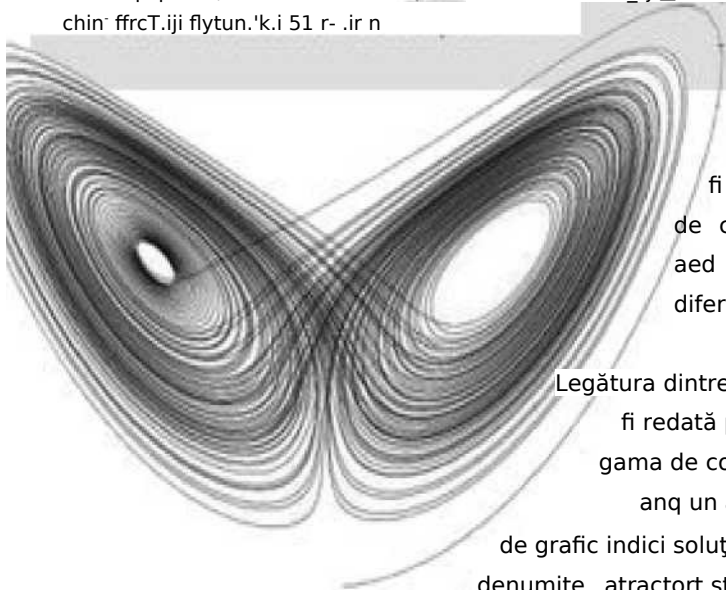
StLDItj'j<j Juih e
lij: tjrp tun ,iu D-nr^rs
□iLiJl.i li.iolij.

MAÎEVVIISARE

Efectul fluturului

ltjeṭn n "tinnni fiiimikilui. ncrirn dl
 !:::hi7ih!V miṭ nʔi- nwi: i'™ l.ii-ri, nFn-tn fhaH,
 Mtfi dese ri rturtiitā Jiectil flʔndui', dijpṛt
 pwmpki do± di: l rrṭni, i ara apua r fi ..■■
 flutura;>::nʔ.n rsi'i hṭrUi d n wipi ṭi dl
 >: l.>■■■■ i l, i'1 CAB. i' fi n. i a i i
 rin c6 'l.rir.i ?' l./np. l.aʔfirut în rr.. LB ʔm: 7 în
 culLir.i pcpuls^, incvʔrv rnRr R- ʔrr.drmun: i'
 chin' ffrctJ.iii flvtun.'k.i 51 r- .ir n

■ ijMP-i.rVinc în "ilmj ij VrflC-i ninurfIM -
 1R4.fi. u' >: ?nr ptlr;tim: _ilu pr'tipn r-ēf[. pfl.,
 q'r f, r_nL r_r
 r_u s-nr fi nfctūt TnQpnjl sppng 11
 ■ r, Ffcut un r_r; r. ri.ri G['ct)! n înrifl de n fp^t
 l.j.tij-a nifri tim^ Gnirgri fncful ca nsinLH I B
 jflwat po tji nrrn dc .1 nat t cji _iiii esta u_j ix!c? :
 n;:!L "i ■ n;".uujl. ^



fi refăcut, din ansa multitudinii de căi potențiale care duc spre același rezultat. Sunt numeroase căi diferite de a obține rezultatul final

Legătura dintre datele inițiale și rezultat poate fi redată printr-un grafic, pentru a arăta gama de comportamente pe care le poate avea un anumit sistem haotic. Un astfel de grafic indică soluțiile atractorice care sunt uneori denumite „atractori strani”. Un «templu celebru este

Înălțate și răsucite una în raport cu cealaltă, imitând faima aripilor de fluture.

Teoria haosului a apărut în aceeași perioadă în care au fost descoperite fractale. De fapt, cele două concepte sunt strâns legate. Graficele atractorilor din sistemele haotice ale multor sisteme pot apărea ca fractale, care structura este similară la orice scară.

Exemple timpurii Deși computerele au dat un impuls elaborării teoriei haosului, pennisându-le matematicienilor să calculeze comportamente pentru date inițiale diferite, sisteme mai simple cu comportament haotic au fost observate mult mai devreme. Ue exemplu, la sfârșitul secolului al XIX-iei.

MAÎEWVIIȘCARE

haosul se aplica pentru teaiectona bilelor de biliard și pentru stabilitatea orbitelor.

TEORIA HAOSULUI

Jacques Hadamard a studiat mișcările matematice ale mișcării unei particule pe o suprafață curbată, cum ar fi o minge pe un teren de golf. Cunoscută sub numele de bilele Lui Hadamard. Pe unele suprafețe, traiectoriile bilelor de biliard devin instabile, iar ele cad de pe margine. Altele rămân pe masă, dar urmează traiectorii diferite. La scurt timp după aceea, Henri Poincaré a descoperit soluții ciclon-repetitive pentru orbitele a trei corpuri aflate sub influența gravitației cum este Pământul cu două luni, descoperind din nou orbite care erau instabile. Cele trei corpuri se orbitau în bucle care se modificau tot timpul, dar nu se despărțeau unele de altele. Matematicienii au încercat, apoi, să dezvolte această teorie a mișcării corpurilor multiple, cunoscută ca teoria ergodică, și au aplicat-o fluidelor turbulente și oscilațiilor electrice din circuitele radio. Începând din anii 1950, teoria haosului s-a dezvoltat rapid, prin descoperirea unor noi sisteme haotice și prin introducerea computerelor, pentru ușurarea calculului.

Unul dintre prunedele computere, a fost Monte Carlo pentru prognoze meteorologice și pentru studiul haosului.

**TOȚI OAMENII DIN
ACEA CURSA AU MUȘT
HAȘHV NU A FOST ACOLO
CASA ÎI SALVEZE, PENTRU
CĂ TU NU AI FOST ACOLO
CA SĂ ÎLSALVEZI PE
HARRY VEZL GEORGE TU
CHIAI AI AVUT O VIAȚĂ
MINUNATĂ- NU VEZI CE
GREȘALĂ AR FI SĂ ÎI
IROSEȘTI?**

Comportamentul haotic este răspândit în natură. În afară de faptul că afectează evoluția vremii și curgerea unor fluide, haosul apare în multe sisteme de corpuri multiple, inclusiv în orbitele planetelor. Neptun are peste o duzină de luni. În toc să urmeze aceleași orbite an după an, haosul face ca Lunile din Neptun să ricoșeze și să se miște pe orbite instabile, care se schimbă în fiecare an. Unii cercetători cred că ordinea din sistemul nostru solar poate fi, până la urmă, redusă la haos. Dacă planetele din sistemul nostru solar și nu numai au fost implicate într-un uriaș pe cît biliard, în urmă cu miliarde de ani, care au zguduit orbitele până când toate corpurile instabile au fost eliminate, a rămas modelele stabile ale planetelor pe care le vedem astăzi sunt ceea ce a rămas după acei loc.

Idee de bază ordine în haos

1 Ecuatiáiui

Relația dintre viteză și presiunea fluidelor care curg este dată de ecuația lui Bernoulli. Aceasta arată că, de exemplu, cum curge sângele în carpalul nostru și cum este mijlocul de transport în motoarele automobilelor. Fluidul care curge repede generează o presiune joasă care explică portanța asociată cu o aripă de avion și îngustarea unui jet de apă care curge dintr-un robinet. Folosind acest efect pentru măsurarea presiunii sângelui, Daniel Ehrnauil a introdus tuburi direct în venele pacienților săi.

Când dați drumul unui robinet, coloana de apă care curge din acesta este mai îngustă decât deschizătura robinetului, nu este? Și legătura are acest nume cu modul în care zboară avioanele și euangeliile?

În anul 1738 medicul olandez Daniel Bernoulli a înțeles că apa în mișcare generează presiune joasă. Cu cât curge mai repede, cu atât mai mică este presiunea. Dacă vă imaginați un tub orizontal din sticlă transparentă, în care este pompată apă, puteți măsura presiunea apei introducând pe verticală un tub capilar transparent în cel orizontal și observând cum se modifică înălțimea coloanei de apă din tubul mai îngust. Dacă presiunea apei este mare, nivelul apei din tubul capilar crește. Dacă presiunea este mică, nivelul se scade.

Când Bernoulli a măsurat viteza apei în tubul orizontal, a constatat o scădere a presiunii în tubul capilar vertical - această scădere a presiunii s-a dovedit a fi proporțională cu viteza apei la pătratul acesteia. Dacă presiunea apei este mai mică decât presiunea aerului care stă din jurul său și, în urmărire, este atrasă într-o coloană mai îngustă. Această regulă se aplică oricărui fluid, de la apă la aer.

1736 d.Hr.

189

krrraulh dricc:pnr,i c ,1 ☐ țîțjterț .i vrtcürf
unu ftu ȷl prwpacă
☐ tcidțre ,i preiiufiili nceituli

Eitc inventata ☐ tehnica
IKH irrviivj de rr aiurare
a preiiijnil sangvine.

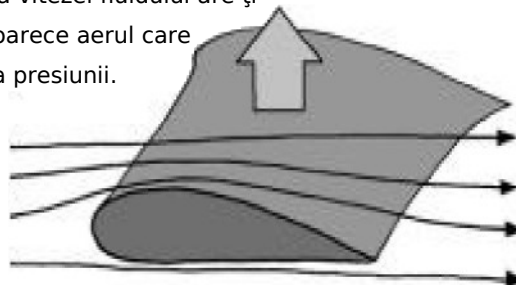
ECUAȚIILE BERNOULLI

Fiu nuli dft SHiirst Având pregătire medicală, Bernoulli era fascinat de fluxul de sânge din corpul omenesc și a inventat un instrument pentru a putea măsura presiunea sângelui. Un tub capilar, introdus într-un vas de sânge, a fost folosit timp de aproape două sute de ani pentru a lua tensiunea pacienților. A fost, probabil, o ușurare pentru toți cei interesați faptul că s-a descoperit o metodă mai puțin invazivă.

La fel ca apa într-o conductă, sângele dintr-o arteră este pompat din inimă de-a lungul unui gradient de presiune aflat de-a lungul arterei. Dacă artera este îngustată, atunci viteza sângelui care trece prin obstrucție crește, potrivit ecuației lui Bernoulli. Dacă vasul este îngustat la jumătate, atunci sângele care curge prin el are o viteză de patru ori mai mare (deu la pătrat). Această accelerare a fluxului de sânge prin arterele obstrucționate poate provoca probleme. În primul rând, fluxul poate deveni turbulent, dacă viteza sa este suficient de mare, și se pot produce vârtejuri. Turbulența în apropierea inimii provoacă murmur cardiac, cu un sunet caracteristic, pe care medicii îl pot recunoaște. De asemenea, scăderea de presiune în zona obstrucționată poate suge spre interior peretele moale al arterei, agravând problema. Dacă artera este lărgită, printr-o angioplastie, fluxul de sânge va crește din nou și totul va fi bine.

Importanța Scăderea presiunii odată cu creșterea vitezei fluidului are și o altă consecință importantă. Avioanele zboară deoarece aerul care fuge peste o aripă, de avion generează o scădere a presiunii.

Aripile avioanelor sunt construite astfel încât marginea de sus să fie mai curbată decât marginea de jos. Din cauza traseului mai lung pe deasupra aripii, aerul se mișcă mai repede peste suprafața superioară a aripii, astfel încât presiunea acolo este mai mică decât dedesubt.



Diferența de presiune ridică aripa și permite avionului să zboare. Dar un avion greu trebuie să

1903

Luții Vftitjht banitruird arip nipiratEdEBemOulli, itcjrji j priiTL JCIDI

MAÎEWVIIȘCARE

Daniel Bernoulli 1700-1782

r i i K l E i m j a l a n d a i O b o i E B e f f i O i i l â Û L u i l H j L H i
■:! cu în ni l.u £ 7' jfilm dnr nt. i t. itij j t j i u.
dnr h j. j i p l d r c. i. d g f a p t, r r f l t u m o t j C i T e t â l u i.
J u h f c i "", é i * i m a i a m a t i l a n, d a r a î h q e r c B t i l
L l r ü i c i. - i j n y n p e ". î n j: ■ j. ' i i l r _ i l n i: m ■
u n r i g ț d f t n t î n c n n p n t. i t: ! :: u F j l i i 1. 1 :: < ! :
l. r < n l c n n : ■ ■ ^ 1 u l t i F i i r n i i u l ■ _ : t e r m i n â l
s t u d i i l e d e m a d i c i i f i . 1 O a s e l, i a r î n 17. - 4 . 1
d c M r i r t. p n c r r i n r r i n r m i n r. i t i: 1 î r. î i n - k t.
n n t. r. - h i j r g L u: : r ü r r i r ? .. T .. i r i n l p, î n p r i i t i n f l c u
r r n t r n a t : : i B n. . L e n n N r d ". .. n r, r î F f l r. r { j g f i l u r i
d i r i m v i t n i f i 51
p - n ■ > : : ■ ■ ! ! T. " : / ■ ■ 1 : n t : u r r - i r r m j f t z. L
" □ c ' . i l . i: , p . i r. ' l a u t i ^ Û : t i k < : ■ . p r - t r u n
H Ö n u r n p r c ^ i u r v i. i f i â r g c l u i F S m m j l ț , i

r î n i ■ ■ : . i r n c : d H j l i j p ^ s i u ^ c n l i r. ^ c d n r i > --- i i i
' (i j n l . E d r i : : > ' i ; i ? ^ \ . i n M t r > e r g > p ! , ; i i H i
■ ■ ■ ! : ¥ ■ ■ ! ■ n î . d . r i l v i h v n r T c ^ l . ! f l t u î r i
P ' v ; i. . - [î n i x i ü i l r C o n i c ^ 1 . 1 n t t i r. , . 1. u r p n s ^ .
H a s # , î n 17 ' u - ú r g ö h i t f i e r ü î n c ü n l f i u ö f f r v i c p i:
r 1 ' » ' j ü - i r F i ú i d u l , n. i p > n d j i î l . ' K k F o z D 1 P
d o o l b ^ d s p o r t t a t i g n t d j r ? 71 r h i n r l - a d a l
s T ö r S d i f i u s s ö D u t o a t e S M l e B, E a r i e l i - a
d a d i M t c a r L e ü A B ^ 1 í . t f r V d v i a r n c L ' , s o r i n d î r t
' . 7 X d n r n i i r x i H i r i i ' . J i p â n t î n Í 7 3 3 , t a t t k i i a t u
r w i m i i u l S * n i n r o f u r a t f r i n á i : f : î n " 1 l 1 1 1 s f c j ,
p u h l K i i n d E i < : n r h i l i i n ^ l p r i ^ : ! " " . ! ! ■ - . * ! 1 - l " . -
i u i i : . . - i D n r . n l . ! i p r i n : ! . d . n r n i i / i p i K j i i t
..... s n i h ' i i i : . i l i i i : : ■ ■ ■ ■ . ! ! p e n t r u
I n t

sa HLțe foarte lapid pentru a obține o difEiență de presiune suficient de marea
să il dea paitanță suficlerită pentru a-i ridica la decolare.

Un efort similar explică modul în care combustibilul «te injectat într-un motor de
mașină ptnli-un carburator. O duză specială, numită tub venturt [un tub larg cu
o .talie* îngustă la mljlock pioduce aer la presiune scăzuta, obstiucționând și
apoi eliberând fluxul, fenoroen prin care combustibilul este supt în intenoE,
dijnjindu-sc astfel spre motor un amestec de combustibil tu aer.

CoilSEnrarta Daniel Bemoulli a descoperit ecuația care îi poartă numele
gândindu-se cum se aplică fluidelor Legea conservării energiei Fluidele, Inklusiv
lichidele și aerul, sunt substanțe continue care se pet deforma tot timpul. Dar
ele trebuie să respecte legii? conservării, mi doar pe rea a energiei, d î l a masei
și a momentului cinetic. Întrucât orice fluid în mișcare jși «aranjează continuu
atomii din interiorul său, acești atomi trebuie să respecte legile macini descrise
de Newton și de alțLL Pnn urmare, în orice fluid, atomii nu pot fi creați sau
djstnjși, □ sunt mutați dintr-o parte în afta. Coliziunile dintre atomi trebuie luate
în considerare., iar, când se ciocnesc, vitezele lor sunt prestabilite dc
conservarea momentului cinetic liniar. De asemenea, ■cantitatea totală dr
rnergir preluată de toate particulele trebuie să fie fixă și nu poate să se
deplaseze dintr-o zonă în alta din interiorul sistemului.

ECUAȚIILE BERNOULLI

Aceste legi ale fizicii sunt folosite astăzi pentru modelarea matematică a unor fenomene diverse ale fluidelor, mergând de la prognozele meteorologice, curentii oceanici circulația gazelor în stele și în galaxii (fluxul fluidelor în corpul nostru). Prognoza meteorologică se bazează pe modelarea computerizată a mișcărilor multor atomi, alături de termodinamică, pentru a anticipa modificările temperaturii în timp și presiunea în diferite zone. Din nou, schimbările de presiune și viteza sunt legate, iar acest lucru provoacă vânt, pentru că atomii, să curgă de la presiune ridicată la presiune scăzută. Aceste idei au fost folosite pentru modelarea matematică a traiectoriei uraganului Katrina, când acesta se apropia de coasta americană, în 2005.

**MAȘINI ZBURĂTOARE
MAI GRELE DECÂT AERUL
NU POT FI REALIZATE NU
AM NICI CEL MAI MIC DRAM
DE ÎNCREDERE ÎN
NAVIGAȚIA AERIANĂ
ALTCEL DECÂT ÎN BALON,
NICI NU AȘTEPT REZULTATE
DIN ACESTOR
ÎNCERCĂRI DESPRE
CARE ALTECAREALIZĂM**

Legile conservării sunt exprimate într-o serie de ecuații ulterioare, denumite ecuațiile Navier-Stokes, după savantul care le-a elaborat. Ele explică vâscozitatea, aderența fluidului, datorată forțelor exercitate între moleculele care îl alcătuiesc. Abordând mai mult conservarea decât pierderea absolută, aceste ecuații urmăresc schimbările și circulația particulelor fluidului în mediu, nu și numărul total de atomi.

Soluțiile Navier-Stokes ale dinamicii fluidului, deși sunt suficient de detaliate pentru a explica multe sisteme complexe, cum ar fi fenomene climatice incluzând El Niño și uraganele, nu pot să descrie fluxuri extrem de turbulente, cum ar fi o cascadă sau jetul unei fântâni arteziene. Turbulența este mișcarea aleatorie a apei perturbate, caracterizată de vârtejuri și de instabilitate și produce când fluxul devine foarte rapid și se destabilizează. Deoarece turbulența este atât de greu de descris matematic, încă se oferă premii importante în bani savanților, pentru a propune noi ecuații care să descrie aceste situații extreme.

Idee de bază artele și

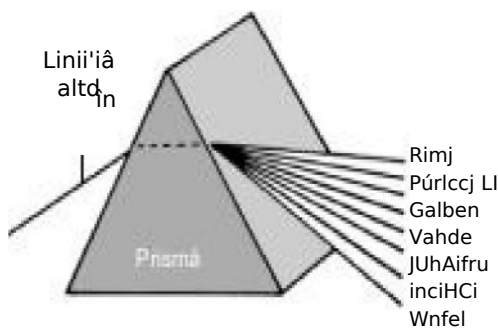
ECUAȚIA BERNOULLI

aerodinamică

1 Teoriaculorilo a lui Newton

Iuți sūniem încântați de lrumusețea ciKcubeietor - Isaac Newton a explicat cum se fonnWă. Trecând lumina âltra prmrtr-n prismă, el a descoperit ca aceasta se desparte în fâșii în eufonie curcubeului și a demonstrat că aceste culori erau cuprinse în lmita albi și nu întipărite în prismă, Teoria culorilor a lui Newton a stârnit controverse în cpiaca 83, dur și influențat, de alunei, generații de artiști și de wanți.

Când o rază de Lumină albă trece pnnti-o pnsniă. La ie și t re se separă în culorile curcubeului. Curcubeiele de pe cei apar în mod similar, când Lumina soarelui Albe separată de picăturile do apă în culorile spectrului: raju, portocaliu, galben, verde, albastru, indigo și viștat.



Toate a m este cate Făcând experimente cu Lumină și pnsme în laboratorul **său**, anii 1660, Isaac Newton a demonstrat că numeroasele culori ale Luminii pot fi combinate pentru a forma lumina albi. Culorile erau unitățile de bază, nu erau obținute ulterior prin amestec și nu erau nici în sticla prismeii așa cum m crezuse până atunci Newton a separat fascicule de lumină roșie și albastră și a demonstrat că aceste culori numai puteau fi

descompuse, dacă erau trecute prin mai multe prisme.

Deși astăzi este atât de cunoscută, teona culorilor a lui Newton a stârnit controverse în epocă. Confrății săi savanți au contestat-o vehement, preferând să creadă că culorile proveneau din combinația de lumină aibă și întuneric, fiind un fet de umbre.

1672 d.Hr.

181

Newton Kipht.i
lenomenjl LUIJSE JIJ

Goethe itj publică
Uzatalul **diiprr** cuburi.

TEORIELE LUMINII NEWTON

Newton a dus cele mai înverșunate bătălii cu contemporanul său la ie de celebru, Robert Hooke. Cei doi s-au contraș public cu privire la teoria culorilor. Întreaga lui viață. Hooke credea că lumina colorată ar fi ceva imprimat din afară, ca atunci când privești printr-o sticlă murdară. El a citat numeroase exemple de efecte de lumini colorate neobișnuite, din viața reală, pentru ași argumenta teoria, și l-a criticat pe Newton pentru că nu făcuse mai multe Experimente.

Newton și-a mai dat seama că obiectele se văd colorate într-o cameră luminată deoarece ele împrăștiie sau reflectă lumina de o anumită culoare, și deoarece culoarea ar fi vreo calitate a obiectului. O sofa roșie reflectă, în primul rând, lumina roșie, iar o masă verde reflectă culoarea verde. O pernă turcoaz reflectă lumină albastră și puțină lumină galbenă. Alte culori, apar din amestecul acestor lumini în culorile de bază.

Unde uscare Pentru Newton, înțelegerea culorii a fost un Instrument pentru studierea fizicii luminii înseși. Făcând noi experimente, el a ajuns la concluzia că Lumina se comportă în multe privințe ca undele de apă. Lumina se îndoaie în jurul obstacolelor, la fel cum valurile mări se deosebesc în jurul unui zid dintr-un port, ca și cum

de lunună pot, de asemenea, să fie unite pentru a intensifica sau a anula strălucirea lor. Ea fel ca undele de apă, pentru a le mări sau anula amplitudinea. La fel cum valurile de apă simt mișcări la scară mică ale moleculelor invizibile de apă, Newton credea că razele de lunună sunt în esență, unde de particule minuscule sau „corpusculi” de lumină, mai mici chiar decât atomii. Ceea ce nu știa Newton, și s-a descoperit secole mai târziu, era că undele de lumină sunt, de fapt, unde electromagnetice-unde de câmpuri electrice și magnetice combinate -și nu reverberația unor particule solide. Când a fost descoperit comportamentul de undă electromagnetică al Luminii, ideea corpusculilor lui Newton a fost lăsată deoparte. A revenit, însă, în atenție, într-o nouă formă, când Einstein a arătat că lumina se poate comporta, uneori, ca un flux de particule rare pot purta energie, dar nu au masă.

**NATURA ȘI LEGILE EI
ERAU ASCUNSE ÎN
HOAPE: DUMNEZEU A
SPUS: SĂ VINA NEWTON-
ȘI S-A FĂCUT LUMINA.**

(Alexandru Făgăruș, 1777 leplote'uilui
Newton)

1901

În anul 1901, s-a realizat că lumina se poate comporta și ca undă și ca particulă.

INSPATEUSDELOR

Undele spar sub multe forme. Simt două tipuri de unde longitudinale și unde transversale. Undele Longitudinale sau de compresie apar atunci când impulsurile care generează unda acționează în aceeași direcție în care călătorește unda, provocând o serie de maxime și de minime de presiune. Tindele sonore, generate, de exemplu, de învelișul din piele al unei tobe care vibrează în aer, sunt unde longitudinale, la fel ca și undulațiile picioarelor unui miriapod, care se strâng și se despart în timp ce creatura înaintează. Undele luminoase și valurile, pe de altă parte, sunt unde transversale, în care perturbația înăuntrul acționează perpendicular pe direcția de înaintare a undei. Dacă împingeți un resort întins și îl faceți să oscileze înainte și

Roata

înapoi de-a lungul acestuia se va transmite o undă transversală, deși mișcarea mâinii voastre este

Kcv. cri ■! t;u;::iîn ci muhi ..lui ir ""lir.r, <ic în.
rpțu lu .ill'UiiLri. și a vtport CL. r :i D n:r., "i . si ia
urate moduri e cure na enmhiilâ tu □rifa
i'ulnr .■ nrrv i mșu. rjn!::: ș. ilbni.'ru au Fnt c:
■ ipi.nn do jur frnpnyi,r p tjdnd :iij R:'!l.

"citi în riiFțintr prtpcrții. n.; gn'nrrt ■.noLn
tdelnrtr :ulnr Cuhnie cn-iplrTif 'f/nc. r..n' ;ir Fi .-
ilh.is'-rij și pnrtoqitlij .iu Fppt '■J.r-jrri i' rj|>:-.p ț 2
.. în cu :i ■: iill.i! V.. > ;i' ,iși- i lir.'iinil înliriri-
iut. :ii: l.i'::i;rijiulnr n iu tte*:rn :nmtnruc'ild-r-
irti .1 Tfj|/i' nfiiTdr i rnnbrr.ihn și nFnr.t.r rin hmii-
Î l'jltir ■! "crrriikiniinl.;!! cnr.l.-ar.l.'i.irt tnl rr.n
mult. > . :~n umarn. siur" ..'iii :i ini.: : ■ —. H
r.i □mbrrtlnr

perpendiculară pe el. În mod similar, ur.
șarpe produce o undă transversală când
se târăște, folosind mișcări laterale
pentru a înainta. Valurile sunt și ele
transversale, deoarece moleculele
individuale de apă plutesc în sus și în
jos, în timp ce valul în sine înaintează
orizontal. În cazul undelor luminoase,
mișcarea transversală este datorată
schimbărilor de intensitate a câmpurilor
electrice și magnetice, care sunt aliniate
perpendicular pe direcția propagării
undelor.

Spectru) Diferitele culori ale luminii reflectă diferitele lungimi de undă ale acestor unde electromagnetice. Lungimea de undă «te distanța măsurată dintre două vârfuri consecutive ale undei. La trecerea printr-o prismă, lumina albă se separă în mai multe fascicule, pentru că fiecare dintre aceste fascicule are o lungime de undă diferită și, prin urmare, este refractată de sticlă sub un unghi diferit. Prisma înclină undele luminoase sub un unghi care depinde de lungimea de undă a luminii, lumina roșie fiind înclinată cel mai puțin, iar cea albastră cel mai mult, generându-se secvența de culori ale curcubeului. Spectrul luminii vizibile apare în ordinea lungimilor de undă, de la roșu, care are lungimea de undă cea mai mare, trecând prin verde până la albastru, care are lungimea de undă cea mai mică.

TEORUULORILMNEWT

Ce *e află la fiecare capăt al curcubeului? Lumina vizibilă este doar o parte a spectrului electromagnetic. Este atât de importantă pentru noi deoarece ochii noștri au evoluat astfel încât să folosească această parte a spectrului, întrucât lungimile de undă ale luminii vizibile sunt în mare, la aceeași scară cu atomii și moleculele (sute de miliarde într-un micelul). Interacțiunile dintre lumină și atomi într-o substanță sunt mari. Delia noștri au evoluat ca să folosească lumina vizibilă deoarece aceasta este foarte sensibilă la structura atomică. Newton a fost fascinat de modul în care funcționează ochiul; chiar și-a înfipt un ac în spatele unui ochi ca să vadă cum afectează presiunea percepția culorii.

Dincolo de lumina roșie se află lumina infraroșie, cu lungimi de undă de milioane de metri. Razele infraroșii poartă căldura Soarelui și sunt receptate de ochelari de vedere speciali pentru noapte, cu care se „vede” căldura corpurilor. Mai lungi sunt microundele, cu lungimi de undă de ordinul milimetrilor până la al centimetrilor. Și undele radio, cu lungimi de undă de ordinul metrilor și mai mari. Cuptoarele cu microunde folosesc unde electromagnetice pentru a roti moleculele de apă din mâncare, încălzindu-le. La celălalt capăt al spectrului, dincolo de albastru, este lumina ultravioletă. Aceasta este emisă de Soare și ne poate afecta pielea, deși mare parte din ea este oprită de stratul de ozon al Pământului la lungimi de undă mai scurte sunt razele X-folosite în spirale, deoarece trec prin țesuturile omenești - , iar lungimile de undă cele mai mici sunt cele ale razelor gamma.

În timp ce Newton a elucidat fizica luminii, filosofi și artiștii au rămas interesați de percepția noastră asupra culorilor, în secolul al XIX-lea, poetul german Johann Wolfgang Goethe a cercetat cum ochiul omenească și mintea interpretează culori plasate una lângă alta. Goethe a introdus magenta în roata culorilor a lui Newton și a observat că umbrele capătă deseori culoarea opusă obiectului luminat, astfel încât o umbră albastră pare să cadă după un obiect roșu. Roata culorilor actualizată de Goethe a rămas preferata artiștilor și a designerilor până astăzi.

idee de bază dincolo de curcubeu

1 Principiul

Dacă aruncați o piatră într-un lac, aceasta produce o undă circulară care se extinde. De ce se extinde? Și cum ați putea să îi prevedeați comportamentul, dacă va întâlni un obstacol, cum ar fi un bușum, sau dacă se lovește de malul lacului? Principiul lui Huygens este un instrument care ne ajută să înțelegem cum se comportă valurile. Imaginați-vă că fiecare punct din fruntea unui val este o nouă sursă generală de unde.

Fizicianul olandez Christiaan Huygens a descoperit o modalitate practică de a prezice înaintarea valurilor. Să spunem că aruncați o piatră într-un lac și apar undele de apă. Dacă vă imaginați că îngheteți o undă circulară. La tot moment dat, atunci fiecare punct din această undă poate fi considerat o nouă sursă de unde circulare ale căror proprietăți sunt asemenea celor ale unei înghețate. Este ca și cum în loc de pietre ar fi fost aruncate simultan în apă, urmărind conturul fruntei unde. Acest nou set de perturbații se extinde în continuare, iar noile poziții marchează punctele inițiale ale altui set de sursă de irradiație a energiei unde. Prin repetarea principiului de mai multe ori poate fi deslușită evoluția unde.

Pas CU pas. Ideea că fiecare punct al frontului unei unde acționează ca o nouă sursă de unde cu frecvențe și faze similare este denumită principiul lui Huygens. Frecvența unei unde este numărul de riduri ondulatorii care se produc într-o anumită perioadă, iar faza unde arată unde anume ne găsim într-un ciclu. De exemplu, toate creștele valurilor au aceeași fază, iar bazele valurilor sunt la jumătate de ciclu în urma lor. Dacă vă imaginați valurile dintr-un ocean, distanța dintre două crește de val, respectiv lungimea de undă, poate fi de 10 metri. Frecvența valurilor, sau numărul de lungimi de undă care trec prin același punct

1655 d.Hr.

167

Este prima lucrare în care Huygens
a prezentat teoria sa asupra undelor.

Christiaan Huygens 1629-1695

ru r! irm <: [Jrirnt njcindt > rhhütitrffl
 huygtjnt; i Fcnt. i în fiz n; i- n.-ü^crut, cpn? I
 CO :ihirat. inl.r-s cu wjwsntj; i Filniicr'i r "
 Futro pn ■;r::iil;jl_ & XVII Inn rcluaivcu -ur'>:
 minlnT -i !\!wL::n. rln:Ai? DpsnrtES Prvnr-fl
 vicrftn noblit^itii dfl Huygens a.. Fust pT±
 '!!'!! -l ::■!!■ lilt !' IJf til 1 >1 OCUpkt ■■
 r.. litiirij' pla' iiii Sptvrn -■ Fnrl. ur nfl-innh
 r... iipint. nrurtii: cnrr □ pnLiyjt pnrrul cnr.i r..i
 |: "dul ■;■ j; nt n ;:t t i -'rir::ti'.-E! un "■ i. r.tr
 panii Ft lt ml.: i; m-în :ynl.-..

ml puin FIMI kogitudrii Hpyg&is a rúütnnt p-n :
 u'tipn ir i::!cibI în Fdt ■; M în . riniir:: ink: "rd,j
 M j; liir./md cu şi:, inn rr:-rt,Ji\ Ū: irii: prrvird
 pf"u ul :nnm ::ir::iilinrî mscjnics optics
 DtW ,i vtuoimt {ilil-ri <:<! h.i'^rr- fprbi
 rjfintnFugO luygfni n c^-ñidi ■nt c:0 innnn
 grHV 7. r. ■! tn lm '■Jnwtin. :.i ::cin: -il
 <u ::s n-şii inr la riirtntŞ. 7--tp „nncijr^" >n
 ll^H. hjyrtnri'. p :: puJipnt Lral. itul pnvir.j
 tnonn kirttfii ci] undii

intr-o secundă, poate fi dc o lungime de undă de LDO de metn în 643 dc secunde, sau 1 ciclu pe minut. Cele mai rapide valuri oceanice sunt valurile tsunanu, care pot atinge 800 de tilomclri pe oră, viteza unui avion, încetinind până la zeci dc iilcmetri pe oră ş] înălţandu-se când ajung pe cwstâ ŷi c lovcM,

Pentru a urmăh înaintarea unui va l, principiul lui Huygcns poate ii aplicat în mod repetai când ace sta întâlneşte obstacole şt traversează traiectoria altor valuri. Dacă desenaţi poziţia ccestei unui val pe 0 foaie de hârtie, atunci poziţiile ulterioare pot ti desenate folosind compasuri pentru a trasa cercuri, pornind din mai multe puncte ale crestei şl trasând apoi 0 linie de-a lungul conturilor exterioare ale arestata.

Metoda sirr-plâa lui Huygcns redă inainla rea undelor în numeroase circumstanţe O undă liniară rămâne liniară în timp ce se propagă, deoarece undele circulare pe care le generează de-a Lungul său se unesc pentru a forma un nou front liniar, în iaşa primului.

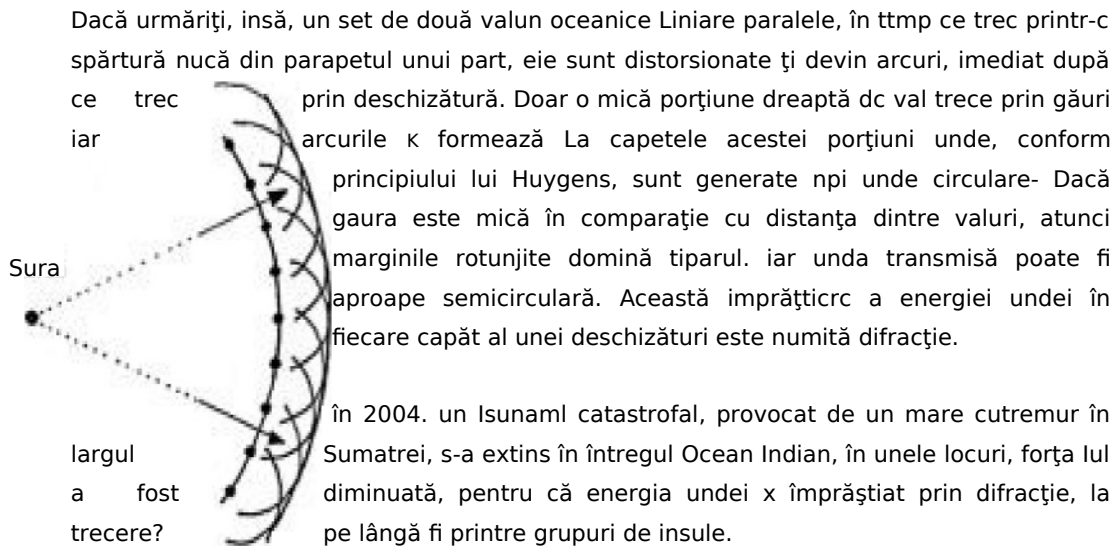
1873

CE uaŷiile lui Maxwell .1 rat,ŷ i.â lurr ir j ale o
 undi tfettrúfólgnctliá.

2005

Sandj l <L,yg?ñi jleriMd/j
 puritan.

INSPATEU FIDELOR



Și» vi Credeți Urechilor?

Principiul lui Huygens explică fi de ce, dacă strigați La

cineva dintr-o altă cameră, aștei persoană vă aude vocea ca și cum ați sta în pragul ușii, nu în altă parte a camerei. Potrivit lui J. Huygens, când undele ajung la ușă, la fel ca la deschizătura din

parapetul portului, **un** nou set de surse punctuale de energie ondulatorie se creează acolo. Astfel, înăut, pentru persoana care ascultă, undele sunt generate? upă. parcursul for din cealaltă amară fiind pierdut.

În mod similar, dacă priviți o undă tLraLaiă cflnd ajunge la marginea unui l?c. rcflena ei generează cccrcuii în seni invers. Primul punct al undei care atinge marginea se comportă ca b nouă sursa, astfel încât începe propagarea inversă a unei noi unde circulare. Deci reflexiile undelor pot fi descrise, la rândul lor, folosind principiul lui Huygens

Dacă valurile oceanului se mișcă în ape mai puțin adânci cum sunt cele de lângă o plajă, viteza lor se

furria ipi.ț. :IO rluviijiTii: j ntnnrnt
pr :■ .pni^nt: : !L T'..în satr^t n
l,, EaLufit "n dstit de H ütfuúfH ri.r-la
Ni!
pr ÂFInta pratjcnknr
d* riltira metn. nnda l luygr;;
'rncipari/i ~ surii di; nsl-.ru'nirtn pu
—u nxprcc mfcuuiT ■! wflntjnlnr, n
prniunr nt.Tiniffinra, a tâmperturțl
a compoziției ;■ jprjJrța, "n ::rtț:ul
cnha-liri pr"1 Bt-nnsfir-a ținupi nhi:
-./;iri:i : :zi n cfrnpiii ihgtiEțob^ JiLm
ici;tr n lc-ns budalfi. alț cBrt
atmcsfurt ț. Juprnfbță surii. pline :ir
rnhn' khd Erta, Md unu UA ta care
a'puh'.i ■i.'i.lii:i: : prrr-Tiwi
iii? uință. nun nr fi Lucir ii cinici wi
"'.liii inc:., nctar ■ii'/fjiir.i; Í pniTin
țrziriA fptțqlp cprp o aterIMt pe
carp careee du în mprg npp¹
"t.i/Tiu-ui \$plnr

În altă parte a camerei. Potrivit lui J. Huygens, când undele ajung la ușă, la fel ca la deschizătura din parapetul portului, **un** nou set de surse punctuale de energie ondulatorie se creează acolo. Astfel, înăut, pentru persoana care ascultă, undele sunt generate? upă. parcursul for din cealaltă amară fiind pierdut.

Dacă valurile oceanului se mișcă în ape mai puțin adânci cum sunt cele de lângă o plajă, viteza lor se

PRINCIPIULUI HUYGENS

schimbă, iar creșterea valurilor se îndoaie înspre interior, spre goluri Huygens a descris această „refracție” modificând raza valurilor mici rezultate, astfel încât valurile mai lente produc valuri mai mici. Valurile mici și lente nu se deplasează la fel de rapid ca valurile rapide-, așadar noua creastă de val face un unghi față de cea inițială.

O predică nerealistă a principiului lui Huygens este că toate aceste noi valuri mici sunt surse de energie ondulatorie; atunci ar trebui să genereze și un val în direcție inversă, ca și un val caic înainte. Atunci de ce se propagă un val doar înainte? Huygens nu a putut să răspundă și a presupus că energia valurilor se propagă doar înspre exterior, iar mișcarea înapoi este ignorată. Așadar.. principiul lui Huygens este, de fapt, doar un instrument util pentru predicția evoluției undelor, și nu o lege explicativă în adevăratul sens al cuvântului.

Inelele lui Saturn în afară de faptul că a cercetat undele, Huygens a descoperit și inelele lui Saturn. El a fost primul care a demonstrat că planeta este înconjurată de un disc plat și nu este flancată de alți sateliți sau de o denivelare ecuatorială variabilă. El a dedus că același principiu al fizicii care explică orbitele sateliților, gravitația lui Newton se aplică și mai multor corpuri mici care orbitează pe un inel. În 1655, Huygens a descoperit, de asemenea, cel mai mare satelit al lui Saturn, Titan. 350 de ani mai târziu, o mare narațiune spațială, numită Cassini, a ajuns pe Saturn, ducând în nouă o capsulă mică, numită după Huygens, care a coborât printre norii atmosferei lui Titan pentru a ateriza pe suprafața din metan înghețat. Titan are continente, dune de nisip, lacuri și poate chiar râuri din metan și etan solid sau lichid, nu de apă. Huygens ar fi fost uimit la gândul că un aparat care îi poartă numele va călători într-o zi spre acea lume îndepărtată, dar principiul numit după el poate fi folosit pentru modelarea valurilor extraterestre descoperite acolo.

**DE FIECARE DATĂ CÂND UN
OM LUPĂ PONTA UN IDEAL...
EL TRIMITE MÂI DEPARTE O MICĂ
UNDĂ DE SPERANȚĂ \$1,
ÎNȚĂLNINDU-SE UNA CU ALTA,
PORNITE DINTR-UN MILION DE
CENTRE DIFERITE DE ENERGIE SI
ÎNDRĂZNEALĂ ACESTE UNDE
FORMEAZĂ UN CURENT CARE
POATE DĂRĂMA CELE MAI
PUTERNICE ZIDURI DE
OPRESIUNE SI SE REZISTENTĂ.**

Ratert în Etrtedy, 1966

Idee de bază propagarea valurilor

| Legedui Snell

De ca un pai pus îintr-un pahar cu apă pare îndoit? Pentru că lumi na călăbrațele cu viteze diferite în aer și în tpâ, lucru care face razele sâ se îndoiaie. Legea lui Snell, care duscio aceasta îndoire a razelor de lumină, explică de ce apar miraje cu bălți pe șoselele încinse și de cu oamenii care intri într-o piscină par să aibă picioare scurte- Este lolnsitâ astfci pentru a ajuta la crearea de materiale inteljgente care par invizibile.

Ap chicotit vreodată uitându-vă La un prieten caic stă în piscină, pentru că picioarele Lui pai nui scurte în apă decât pe uscat? V-ați întreba: de te un pai parc îndoit în paharul vostru.? Legea lui Snell dă răspunsul.

Când razele trec prtn suprafața de separație dintre doua matinale, în care lumina călătorește cu viteze diferite, cum ai ü intre aer și apă, razele se îndoiaie. Acest fenomen se numește refracție. Legea lui Sncli arată cât de marc este îndoirea la tranzițiile între diferite miteriafe fl este numită după matematicianul olandez din secolul al XVH-lea Witlebrord Snellius, deși acesta nu a publicat-o, de fapt, niciodată Uneori este numită legea Snell-Dcscartes, deoarece Rene Ekscartes a publicat independent o demonstrație a principiului, în 1617. Acest comportament a! luminii era bine cunoscut, descrieri apărând în lucrări din secolul, al X-lea, deși formula matematică nu a fost găsită decât secole mai târziu.

Lumina călătorește mai încet în materiale mai dense, cum ai fi apa sau sticla, comparativ cu aerul Prin urmare, o rază de lumină îndreptată spre o piscină se îndoiaie spre fundul piscinei, când ajunge la suprafața apei. Pentru că razele reflectate ajung la ochii noștri sub un unghi mal mic. indoindu-se invers, iar noi

Ibn Sahl icrre despre
refracție

984
rf.Hr.

162
1
Sît iuL ÎDrndlrâu legea
reftadpel.

163
7
Dewartu public □ D „g” 1
mlitj.

LEGIILE

presupunem că ele vin direct spre noi, picioarele unei persoane care stă într-o piscină par «uitate». Mirajul unei bălți pe o șosea încinsă se formează în mod similar. Lumina din cer se îndoaie și plutește deasupra suprafeței șoselei pentru că își schimbă viteza în stratul de aer fierbinte de deasupra asfaltului încins. Aerul fierbinte este mai puțin dens decât aerul mai rece, așa că lumina se îndoaie față de verticală și vedem reflexia cerului pe asfalt, arătând ca o baltă.



Unghiul sub care se îndoaie o rază de lumină este legat de viteza relativă cu care aceasta călătorește în cele două materiale - tehnic raportul dintre viteze este egal cu raportul sinusurilor unghiurilor incidente (măsurate față de verticală). Prin urmare, dacă o rază trece din aer în apă și în alte substanțe dense, raza se îndoaie spre interior, iar traiectoria ei devine mai abruptă.

Indicele de refracție al luminii călătorește cu viteza aproximativ de 300 de milioane de metri pe secundă în vid (de exemplu, în spațiul gol). Raportul dintre această viteză și viteza luminii într-un material mai dens, cum ar fi sticla, se numește indice de refracție al materialului. Vidul are, prin definiție, indicele de refracție 1; un material cu indicele de refracție 2 va reduce viteza luminii la jumătate din cea în spațiul liber. Un indice de refracție mare înseamnă că lumina se îndoaie mult când trece prin acea substanță.

Indicele de refracție este o proprietate a materialului în sine. Materialele pot fi proiectate pentru a avea un anumit indice de refracție, ceea ce poate fi util (de exemplu, în proiectarea lentilelor de ochelari pentru corectarea problemelor de vedere ale cuiva). Puterea lentilelor și a prismelor

Sugar sugar

Inc emir :lr n'fraciijiri ,,-i :ndLr...-
ru?-...î ■ p-criu uini. ■ ii p i niiFu Ji
dn fn ir-ljfi Pnidk;fitn-i rin wnun
fulnlesc: :/i nifni<:IDnnL'j liir-tru n
Tii'.nr.i rnnl.il.n'xin dr: jnhii- flin
surii ;ir struguri, ion -în di? >i
tnmrfrirma fri 'nhflnj il/dw:: :-i^tr
ndirdt rin ntr-.ir.ț-t!
i'.ocuL "i! L'Jzrir'n: i
L'.ht rilnnS vn conține uinr.i

170

W90

Huygens,
proiectate

Sunt
proiectate

INSPATEUSDELOR

Cum să faci

rii.<:iiii:-< Sur L un... driirt fructe'E
pTiFcrnLr ni;: m-tisf.. ui bntr." n
r.ivd i-:x:krny Plipftndu i s-;
l-::bvi! nFcntcIn ifpi-.irx nici
Dcrpurlnr care piitnsc sub op&,
Scăldate m L.rr "d străkcibiWE ts
Maraiu' din DetiFimia, U'<JE h::u.n '-l
PH31. "ccknry a stftmit i ::r" r:
inir.ă! ..gurr-rl -/i
uni nrtiții :nh::n 'ii i flpftit
lfntiln ;,i! ".fun ;i c:rc!,i cp'r <■ inc.t
din sec#k ni KV lm □pt.EB firiplr?
niftiim proiBcta q !x:t!nfi pr piuvit
țpre artist., ■.rniiii cnnt.inil ;i picbn
Hntkntȳ ■, dniicupnt înrlin
jixariilin;:*! i: .iijnrrljwc! când n ana'
zat ucrrfri :ilr ip-cr vnchi rr U'y.'i i'rdus
InjTir y. CerBvBKXi

depinde de indicele lor de refracție; lentilele puternice au indice de refracție mare.

kefracția are leu în CBJul oricăror unde, nu doar în catul lumini Valurile oceanului încetinesc pe măsură ce adâncimea apei scade, conform schimbării indicelui de lefracție. Din cauza acestui fapt Talurile cart ic mijeă sub un anumit unghi în apele puțin adânci dt lingi plajă se înclină spre plajă, pe măsură ațteapiqrtț

Reilexia Interni loiala Untul dacă & rază de lumină care trece prin sticlă lovește suprafața de separație cu acrul sub un unghi prea mic, atunci raza va fi reflectata de interfață, în lac să îți continue drumul prin aer. Acest fenomen se numește reflexie întemătotală, pentru că toată Eumina rămâne în sticlă. Unghiul critic la care are Inc aceasta «te determinat, de asemenea, de indicii de refracție

relativi ai celor două materiale. Fenomenul se produce doar în cazul undelor care călătoresc dmtr-un material cu un indice de refracție ridicat spre unul cu indice de refracție mai mic, de exemplu din adelă în aer.

Principiul lui Ferma! al celui mai scurt timp Legea lui Snell«tec? consecință a principiului lul Format al celui mai scurt limitare spune că razele de lumină D iau pe traiectoria cea mai scurtă. pnn orice substanță. Așadar, căutandu-țl caiea printr-un amestec de materiale cu indici de refracție diferiți, raza de Lumină va alege calea cea mai rapidă, preferind materialul cu indice de refracție scăzut. Aceasta este, în esență, o modalitate de a defini ce este un fascicul de lumină și poate f. dedusă din principiul lul Huygcns, observând că razele care patcurg calea cea mai rapidă vor tinde sa se consolideze una pe cealaltă șLVOI crea un fascicul, în timp ce rarele care o iau în toate direcțiile se var anula, în medie. Matematicianul Piene Fermat a propus acest principiu în secriluL al XVJl-lea, când studiul optied era la apogeu.

MEt&'mntEriale Astăzi, fizicienii creează o nouă categorie de materiale speciale - denumite meta-materiale care se comportă în moduri noi atunci

INSPATEUSDELOR

când

Pierre Fermat 16Ü1-16É5

Lrv.li difitr te má mari mciemctitiefil Ai : ir
 r ft,, 3ir-ri! Frr-nat n FrriL nveent
 în „ .i-niirii?. □-iifi.irnJii seda nnt.r 'Ti:jl.!:--'i în
 timpj liiinr Dupfc cr le !;<:rir un;?r naLi-rintii'ir
 i.i: :'-<n dm PL" rr■ ■ lu Famat a-a
 cwatlidat, dar a LretwR *3 mirt rfcTiiri ::i
 nfl c:: :ri 3 ,i Q!-...!'. ::u Rimú țeseri "tun în
 letj.ri/jrfi ::u :nnna nnnurnnti¹. n ni'rncțA: i r.-
 ț/i/i da fCpgtzi, i ■ ■ !=::m!i:l □ cn p
 „b^jh(ipIS 'n u'nhrfi" Mu tirjiu, 'Emjt ți n crista
 rnL luțrtri i: ir> r/innipu. lui T ITTAI ni timpului
 i ;: ui moi (Curt, : an Qtpt potrivit cfrua
 hjTiinn cldLDrenLr pa dr./nul cri mu ::i.i."
 Ârtvitrtt i Ik "rm.Tt n R:țt ;■ ■ ■ l.rximptfi
 ciț : 'hi.iiij c:iv:l air 'l.înța-ți C:: rir: ::?:nrü;i

unțr nrirtrnii Æn r ..ml în jx--ç-i ivonurilor fit Kg
 ça n- fi fplt rijpuí d» cuir-.!, g OWtirUiat uú
 utFeia la mai mu Le Leoni

(uricsnjt mni n es pentru Lil*.în-*i
 'iiniT rn'i ! l. Fi;r!::!.. t::i'ü i;ç;■ ■ <! M ■.
 irr:: n ciciufl "m.imera la puteri: i a țnfii nu
 pçeta fi un numfi" 1* piiLiiiTtj a tnjtj FgnnpL a
 scris pa marg "ea uñAl cărți efi dețcpan
 p* . :? rlnwidli cu adgvărgt remarcabila [a
 sceatai teoremei w cara Bwaata margina sate
 prea rnicB aB o ir..^ur;T' D3vt>::c fiu rdid.il n
 n fi.....rut
 i ■ : cntr iir :: :. r ■ n:: !.r " ■ ;bcmrn l. ~i[i
 c:'■ t.i ::; steala, lftamtt cț
 natarftaticiarnd britanic Andrew 'lil.r': șFi -
 çiiç.!.i'.::l,

sunt luninatr rau expuse altor unde elcctTO-Frwgnctice Mrta-matcTi^tle sunt leilLiate
 astfel incit aspectul lor în lumină să fie detemunat de structura lor fizică, mal degrabi decât
 dt compoiitla lor dumerică Opalul este un meta-material natural - structura merirtalină
 afectează modul iricaie lununa w reflectă ți se refractă pc suprafața lui gineiind scânteieri
 de diferite culan.

La sfârțlul aruloc 1990. au fast create meta-matemalele cu indici de refracție negatta, în
 care lumina sc indMle în direcție opusă la contactul cu o interfață E>acă un prieten de-ai
 irațtn ar sta într-o piscină cu un lichid cu indice de refracție negativ, atunci, în loc să fi
 vedeți partea lim față a pidoareloi mai scurtă, i-ap vedea partea ilm spate a pictoarelcr
 ptoicetată pe ec rp, în fața voastră, în pasernă. Materialele ni indice de refracție negativ
 pot fi folosite pentru producerea unor jupcrlentile" care formează imagini mult mat clare
 decât sticla dcca mai bună calitate. Iar, în 2006, fiziaerui au reușit să fabrice o
 „îmbrăcămintc" care pare complet invizibilă când esteexpusă la microunde.

Idee de bază lumina găsește cea mai scurtă cale.

1

Legedui

Structura eli coirială dublă a ADN-ului a fost descoperită folosindu-se legea lui Rragg, Aceasta explică modul în care undele, tâlătorind printr-un solid ordon st. Se întâlnesc Una pe cearta pentru a genera un tipar de pete SttilUCitMH, distanța dintre acestea depinzând de distanțele regulate dintre atomii sau moleculele din solid. Mimând liparui emergent de pete, poate fi dedusi structura unui cristal.

Dacă stați într-o cameră luminată, puneți o mână aproape de perete și veți vedea în spatele ei o umbră clară. Când îndepărtați mâna de perete, conturul umbrei devine difuz. Acest fenomen este provocat de lumina care se difractează în jurul mâinii voastre. Când lumina se împrășteie înspre interior, în jurul degetelor, și fac conturul acestora neclar. Toate undele se comportă astfel. Voiajii se difractează în jurul marginilor digurilor, iar undele sonore se curbează în afară, lângă marginile scenelor din sălile de concert.

Difrakția poate fi descrisă folosind principiul lui Huygens, care prevede traiectoria unei unde considerând fiecare punct al frontului unde drept o sursă nouă de energie ondulatorie. Fiecare punct produce o undă circulară, iar aceste unde se unesc pentru a descrie înaintarea unde. Dacă frontul unde este restricționat, atunci undele circulare din capete se împrășteie în toate direcțiile. Acest lucru se întâmplă când o serie de unde paralele înconjoară un obstacol, cum ar fi mâna voastră, sau când undele trec printr-o deschizătură, cum ar fi intrarea într-un port sau o ușă.

Curiosități: În anul 1912 fizicianul australian William Lawrence Bragg a descoperit că difrakția se produce chiar și când undele trec printr-un cristale. Un cristal este alcătuit

Rortjrn descoperi
rudei

B'âgg deKup«rA legej
7/.i n difracției

INSPATEUFIIDELOR

William Lawrence Bragg 1890-1971

Wil :irr l nwfñpB Arrxjcj s n nūicjt n A::: . iirir
inrir:inl.ü üüij.Vj hnm ■iir."- i-n rln namMLc-: țj
dtj * :.'i Bmqg jun 9 riwrnit pnmul auntrii TH
cnm :i Fiicut ni?: rrjrafu nAil i "ii/nf ce r?:i h::ir
F ț l i-.if:-. o mnii Å rj*ir|:nt. FjTÜ f Ciififl
r/iiitikiR'. :: :j'T!":i : ::Fil in Ar.cjl:: În Cambridge
Brngg ü drtCPwrit liges HB .1 ri rnirț.ni rnjr'b'
J(prn rrT.ilr Ș: nctāP.nf. i—eu 'ni.:' h.. dnr ; :i
EualjniL pr-ntu

rO nu ț. ly.i rmjuk cA t.ntjil. ni 1 ni Pfcow
rirtñopqnrC.T ir. timpul 'nn\lui și pl re ui iii a
DnÛM n.'ühci'Zar : <11, B'jggi ""lllj. ț is Lnrat În
f»-!ir 7. ip.l-Cuhni, a rv. mit l:i Ombirign vdn 11
if' ntgt rm multe gr..^iri -lc «rcita^ Tn ulninn
wrawdfl i cririD'ui sn lrrgg n dri-rv. u- junnsct
ĩ m:' ■nmț.nrcc șEjintj, i.j'ițir-'d l-Tilrgi n pi:":u
ĩ!::■■■■ În l ::"[lrr Ane: .1 uL ::n și pplirird
regylpt În iclcvis-

dir mai mulți atomi prinți într-o structură ordonată de rotea, cu rânduri și coloane regulate. Când Bragg a trecut fasdcule de raze X printr-un cristal le-a proiectat pe un rcrPTi. razele v-ad frnprăftbt nputie jirurilc de atomi. Baick emergente Hu adimait mai multe în anumite direcții decât în altele, alcătuind treptat un tipar de pete. Diferite tipare de pete au apărut în funcție de tipul de cristal fofcrs-it.

Pentru a observa acest efect a fost nevoie de raze £dcswpcntc de fizicianul german Wiidhm Röntgen în WS.dcwme lungimea lorde unde este minusculă, de o miede ori mai mică decât lungimea de unde a lumi nia vfadbde, și mai mică decât spațiul dintre stomh din cristal Ațadar, razele K sunt suficient de nuci pentru 1 trece pnn cristal și pentru a fi puternic ifractarte de straturile cristalului

Cele mfl] strălucitoare pete de IDE X sunt generale când razele traversează căi prin cruțai care au drept rezultat semnale, jn fază” unde cu celdahe. Undele în fază, La care vârfurile și minimele sunt aliniate, se acumulează pcir.ni a-și întări EHtadrea și a genera pete.

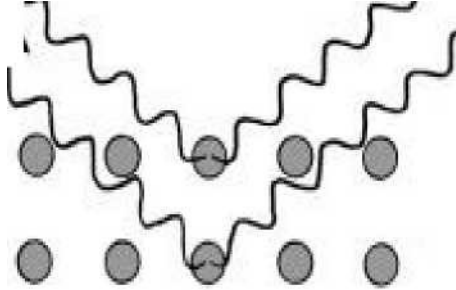
**IMPORTANT ÎN
ȘTIINȚĂ NU ESTE SĂ
DESCOPERI LUCRURI NOI,
CI SĂ DESCOPERI NOI CAI
DE A GÂNDI DESPRE ELE.**

Mr Will jm Brigg, 19M

1953

CnsLj^gi j^ij cu rjie ictilixa<5 pentui j descoperi slrLLlu u ADN ilji.

LEGEA BRAGG



Când undele sunt „defilate”, cu vârfurile pe mîntimele nealiniate, ele se anulează și nu ieșiiți nîd a lumini. Astfel, puteți vedea un tipar de puncte strălucitoare, spațiul dintre ele ir.diiâiid distanțele dintre șirurile de atomi din cristal. Efectul de întînre fi de anulare a undelor este numii „interferență”.

Bragg a formulat matematic aceste idei analizând două unde, una refieetându-se în

suprafața

cristalului și alta penetrând un singur strat de atomi din interiorul cristalului. Pentru ca a doua undă să fie în fază față de prima, trebuie să parcurgă o distanță suplimentară, care este cu un număr întreg de lungimi de undă mai mare decât distanța parcursă de prima undă. Această distanță suplimentară

depinde de unghiul la care razele lovesc cristalul și de distanța dintre straturile de

atomi. Legea lui Bragg arată cum interferența observată 5; spațiul dintre șirurile de atomi din cristal sunt legate între ele, pentru o anumită lungime de undă.

Striklura prulundi Cristalografia cu raze **X** este folosită pe scară largă pentru a determina structura noilor medicamente, iar chimicii și biologii o folosesc pentru a cerceta structurile moleculare. În 1953, a fost folosită pentru a identifica structura

Structura elkoidei dubli a ADH-uJui

INSPATEUFIIDELOR

în rin 19&Q. «ncftâtunj jmu preocupăți
di âd/ucture ADN-uk.1, ui iul dinL't
tdementa ■■ 'xuiX:-nrr■jntn'i: ne vieți
FiiiciFiu bntnn-:i

■; lfc.nr F rwr !î Rn::k 11.. 't:«t l-i:ru crm
rlntft rrrrp.-nnLțma rj!-;:i . :i i eVutilvrii
aate riicudale duble În 1953, ceea te m
reprezentat ui pragi-ea uriaș Ei :iu
"os::ut efi a nu inspirat dr cernetdhb :*!!
i! .Pi:!.i: KiHgIf CQllrjn :: n Irudi'n. du lk ns p
R.: ;::ind r~inkiiir\ cur! :i-.. 'aruT. Fnl:njr.ifj; cr
itnlîsjific! cu f.iA! .iln ARh .. .11

n FațUt njtPffuFii .iinzitnr dtj cin. în cnrt!
■;n :>:>!:nrj;i ;;nrn :în înl.n-^rngntf'dn
piiinr!?: hzninoMti ıjHı ,J deivdiuiL structurai
ARh. ubi Crck. Wr»t.';nr- c-'; nu primit Pr::m ..;
Nchsl pantiu rna xgren lor, dt3'ı Fvinkbn nu n
primit tnjftul. ni nlrn ni g rr iril. tinir-a Ui. i'i'd
cârdul -ıfj_ i- ulCBSIA iii 'inojxnrci ■ Frrt iun™
rnt. prrih;iî:.. cfi 1 mia ititij!: "-I nptinta d n Jicr;
pcrigpdb T hie pcnib ți cb rcTultntBli lui
Franil :;.1 fi njun:. lb Wdtsen și Crirk Fftrii rn fl.i
iii ş!:: Centrii. ;:n ni n Fnit rerj-n^u' S ritj țiLu-ci

Wilhelm Röntgen 1845-1923

Wilhr'în H'intgcn ■. n ■■■■Inl... ' imigiuniM
P-'Li. ii nFt'nnr rnf r,r~T,'r,i 5 ■■■ ■!::i,
çpp iinri.în 7!xi'r:ri A i>L...c n'. Fiz-rZA 'n
Dtfflçht ?i Zurich țî lucrâi Inri"# rîajltr un
vii^il.flț.î în.unt.c dn il rjflVEn pnjFtttjr !ü
Univî'i ü ■■■i'i',1 ■ rt.//hi. x: ::'.iui:ii i
r.ii.i :li' M...jir'i' Pî": j.-i ■; z no-cnnCrzL
nnupni ::-1lihin. țin i: sc'.niH.ignpl.
rînr r: L.:^ : b'OTt:ijl. în nprui pnnLnj driTCD
nr-rnn r.ijnlnr X. n JOAfi în top CB S-t-JO "
n..TC"Uj! <: :ictnr În Lti:: mn pr~t.- yar

rz.i pmii'irit: ■ir.iirul.il n nanr'v:it. r.il opiirr i u'
struț lumintic, chiirir. çh :ir ; nbunfi rü-" mtp-
mnnLul tir.: i/pcuir > în'.iirr—c: uhs... i.: A.
liste.-ici rere lut" -cÜ:>! î'i-Mdu p' ■■■ rr.ii -
iij[.t t renal': -<:■.■ vp-în :: ::■';! finir i
■•■•. it. r i r,r c, ținut fl - F i., i .. ici p ifci
FtlLngraf rei ' ,i c-iurr l. rnrnln)(n.-ia.Tiirt ț.,.
„-„, i |.-|, nrr..iû?:i:..M ^*ii tor/., i: u
dun":'iuLrDL i 0 ut.tuteo sunt "oie
. lçç-mm.jnticr ■■■! ..■nui;', rinr ■rr::v::n' n
lar este mult Mai ittf ItA

eLLcoLdali dubli i ADN-ului; Francis Cdck fi Jim Wdtwn au făcut iilebia lor deducție uttfluđu-M latjpaiele de anterfientă aje tazelor X obținute de Kosaluid Franklin pentru ADM ji ajungând la concluzia ci moleculele care le-au genciat trebuie **ti** fie depuse într-o structură eiicoidală dublă.

Pentru prima dată, descoperirea razelor X ji tehnicile cristalografia? le-au fizLlienllor inEtrjniente pentru ■ cerceta structura profundă a **matenai** țî chiar a tnterionilul corpului omenesc. Multe tehnici folosite astăzi în imagistica medicală se bazează pe principii similare ale fizicii. Tomografia computerlzaită rcasamblează numeroase radiografii ale unor Jelii" din corp într-o imagine internă realistă; ultrasunetele preiau ecourile cu înaltă frecvență ale organelor din corp, rezonanța magnetica {RMNî scanează **apa din** țesuturile corpului, identificând vibrațiile molccLilaie, cu ajutorul unor magneți puternici; iar tomografia cu emisie de pozltronl l'PETTj urmărește traiectoriile radiațiilor, ta trecerea ȝor prin corp. **A^a** că medicii și pacienții deopotrivă le sunt recunoscători unor fizicieni ca Biagg pentru crearea acestor Inatî LunentE.

FűmtímaUnsítlcí
a kşji b
Bra^esiă
unfa litił dij'iiij ilir.ijî
Oitluiilv di Élutí, tflilł
unph'ul ik mcWnríll
lllrtnil Dtilrin nundl
infleij nr Á nb lunjmim



Idee de bază a vedea

1 Difrakția Fraunhofer

De ce nu puteți obține niciodată o fotografie perfectă? Oec este vederea noastră imperfectă? Chiar și cea mai mică pată provoacă blurarea imaginii, deoarece lumina este murdărită atunci când trece prin diafragma aparatului rfe fotografiat. Difrakția Fraunhofer descrie fenomenul blurăm pentru razele de lumină care se îndepărtă de focuri

Când priviți o navă pe mare, departe. La orizont, este imposibil să îi citiți numele. Puteți folosi un binoclu ca să faceți acest lucru, mărin- imaginea, dar de ce ochii au o rezoluție atât de limitată? Motivul este mărimea pupilelor noastre (diafragma ochilor). Ele trebuie să fie deschise destul de larg ca să lase să treacă suficientă lumină pentru a declanșa senzorii din ochi, dar cu cât sunt deschise mai mult cu atât undele luminoase care trec prin ele sunt mai blurate.

Undele luminoase care trec prin cristalinul din ochi pot veni din mai multe direcții. Cu cât este mai mică diafragma, cu atât sunt mai multe direcțiile din care pot veni razele. La fel ca în cazul difrakției Bragg, diferențele traiectorii ale luminii interferează în funcție de sincronizarea sau de nesincronizarea fazelor. Cele mai multe trec prin diafragmă în fază, formând o pată centrală clară și luminoasă. Dar lărgimea petei este tăiată în punctul în care raze adiacente se anulează unele pe altele. Și o serie de benzi alternative, luminoase și întunecate, apar la margini. Lărgimea acestei pete centrale este cea care dictează cele mai fine detalii pe care le pot percepe ochii noștri.

Câmp indispărat Difrakția Fraunhofer, numită după cel mai bun producător german de lentile. Joseph von Fraunhofer, descrie blurarea imaginilor, percepută atunci când razele de lumină care cad pe o diafragmă sau pe o lentilă ajung pe

GIE

1801 d.Kr.

181

Fraunhofer
ipetnietHj,

DIFRACTIA FRAUNHOFER

Tipul de difracție Fraunhofer este întâlnit în cazul în care sursa de lumină este la o distanță foarte mare de ecranul de observare. În acest caz, razele de lumină care trec prin fanta sunt practic paralele. Difrakția Fraunhofer este întâlnită în cazul în care sursa de lumină este la o distanță foarte mare de ecranul de observare. În acest caz, razele de lumină care trec prin fanta sunt practic paralele. Difrakția Fraunhofer este întâlnită în cazul în care sursa de lumină este la o distanță foarte mare de ecranul de observare. În acest caz, razele de lumină care trec prin fanta sunt practic paralele.

Difrakție La fel cum marginile umbrei mâinii voastre sunt murate din cauza difrakției luminii din jurul Eor, lumina se împrăștie atunci când trece printr-un orificiu îngust sau printr-o fantă îngustă. Cu cât fanta este mai îngustă, cu atât lumina se împrăștie mai mult. Proiectată pe un ecran, lumina care iese din fantă produce o pată centrală strălucitoare, mărginită de benzi alternante întunecate și luminoase, numite franje de interferență, care scad în strălucire când sunt mai departe de centru. Cele mai multe raze trec drept prin fantă și se amplifică una pe cealaltă, dar cele care trec sub un unghi interferează pentru a produce benzi luminoase sau întunecate.

Cu cât este orificiul mai mic, cu atât este mai mare separația dintre benzi, deoarece traiectoriile razelor sunt mai limitate și, prin urmare, mai asemănătoare. Dacă țineți în sus, în lumini, două bucăți de țesături subțiri, fină, cum ar fi două eșarfe de mătase, și le mișcați una față de cealaltă, părțile care se suprapun vor genera benzi luminoase și întunecate similare. Când puneți țesăturile una peste cealaltă și apoi le rotiți, ochii voștri percep o serie de zone întunecate și luminoase care se mișcă pe material. Aceste tipuri de interferență ale unor grile suprapuse sunt cunoscute și sub denumirea de „franje molie”.

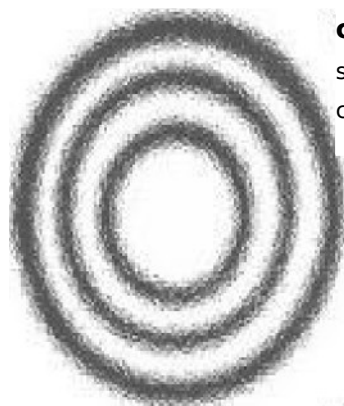
1822

Prin urmare, în cazul difrakției Fraunhofer, razele de lumină care trec prin fanta sunt practic paralele.

Când diafragma nu are lentila Birt circulară, ca în ochii pupilelor noastre sau al emitorilor aparate optice, pată centrală și benzile care o înconjoară formează o serie de cercuri concentrice numite inele Airy (sau discul Airy), după fizicianul scoțian din secolul al XIX-lea George Airy.

(.imp **aprtipilt** Difrakția fraunhofer este observată deseori, dar, dacă sursa de lumină este aproape de planul diafragmei, apare un tipar puțin diferit. Razele de lumină incidente nu sunt paralele, iar undele care sosesc în diafragmă

sunt curbate, nu drepte. În acest caz, rezultă un tipar diferit de difracție, în



Diafragma

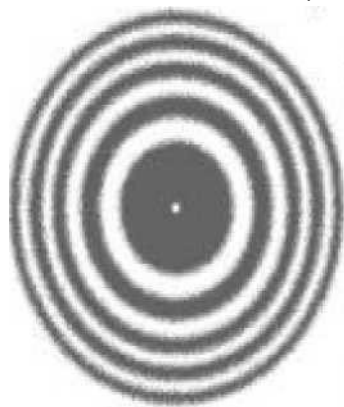
care benzile nu mai sunt la distanțe regulate. Serii de unde care sosesc iau forma unor suprafețe concentrice curbate, ca foile de ceapă, toate de lățimea unei lungimi de undă și cu sursa de lumină în centru. Când aceste unde rotunjite ajung la planul diafragmei, aceasta le taie cum taie un cuțit foile de ceapă în felii, pornind de la centru. De-a lungul diafragmei apare un set de inele, fiecare inel reprezentând o zonă în care undele care trec prin ea sunt la o distanță de o lungime de undă una de alta.

Pentru a înțelege cum se amestecă aceste raze curbate unele cu cele drepte, adunați toate razele din inelele de la diafragmă. Pe un ecran plat ele se proiectează ca o serie de benzi întunecate și luminoase, iar

fel ca în cazul razelor

paralele, dar distanțele dintre ele nu mai sunt regulate, devenind mai subțiri pe măsură ce se îndepărtează de centru. Aceste inele sunt denumite difracție Fresnel,

după savantul francez din secolul al XIX-lea Augustin Fresnel, care le-a descoperit.



Fresnel și-a mai dat seama că, modificând diafragma, pot fi modificate fazele care trec prin ea, schimbându-se astfel tiparul rezultat. El a folosit aceste observații pentru a realiza un nou tip de lentile care permiteau doar undelor în fază să treacă. O modalitate de a face acest lucru ar fi să decupeze o serie de inele care să se potrivească perfect pozițiilor minimelor undelor, când acestea trec prin diafragmă, astfel încât doar maximele să treacă, aproape fără nicio interferență. Ca o alternativă, minimele pot fi deviate cu o jumătate de lungime de undă și apoi transmise prin diafragmă, astfel încât să fie în fază cu

DIFRACFRAUNHOFER

undele ne blocate

Inserând inele din sticlă mai groasă în pozițiile potrivite, se poate încetini
Diirid' 1 hinuiu dintr-o anumită fază, în măsura dorită pentru a modifica lungimea
de undă.

Presnel j fabricat. folosind arest concept, lentile pentru faruri. Pe prima dintre acestea a irutalit-4 în Franța, ™ LB22. Imaginați-vă cum era și se producă lentile- de mărimea necesară pentru un fai de 20 de metri. Alternativa lul Fresnel consta dintr-o scie de înde de sticlă mari, dar destul de subțiri, fiecare dintre ele cântărind doar 0 fracțiune din greutatea unei singure lentile convexe. Lentilele lui Fresnel sunt fdkwte pentru a focaliza farurile mașinilor și sunt, uneori, montate pe fereastra din spate a mașinilor, ca niște panouri subțiri, transparente, din plastic, pentru a ajuta retroviziunea

Experimentul cu fantă dublă al lui

În cnlrnr.. sj., nxpcnnrh ci ■■■] AR'. Thnm-ii Yo..rcj n pirut nfl sworjriir.B în mrd convinqilDIT i B luffliiU ekt* u'iil Cind n Ffit :jl. t:h Inrr "i i; 1 sr riif-rflrti; prin dwi F?ntk, cl V oblcririL nij dopr n Supri*pmr| i iznuft prgFilijn dtj d:'rn\ fl, <:i

FuphrrenMrr dr>L,Tn:n ntrfrnrfn^fii '■■■■i/ii- ^r dr Inn¹ ni , -nrT! ■-nrri.!!iril ni'itr unn r.iw. nlkr Hiri fit'l.!! ■*jfir'r-flu din nnu j'Min" ~j e nrndur«! hr".i lurr nc>i : ■.■■■■ inLuni...T ■ri;ir c:u c dr.Lin'ji r.n CBrt! rpftsrpj'idep vobrii inverse t riistonvii dirt'll Rinl.n Apann". n .iparut „n Lipar : ^Tiun dr hnvi 5~<! ; : l'ji : r.iru¹ :?i riifrr. ; ci unci" i hanji i;:-g. cmnrnL :-n o Firyurft firIji Ci> rf.L n.jr.i. niiiujnt.r nuji nultn Funtr? f.nrnh- ;■ r., nlfir mo n!;<:u^ .it CJEWHE K*B L ■ il jL:- l. pis* dp intrnrrrr'lii

Gri le Fraunhofer a extins studiul

interfc rcnte realizând prima g r j â dc difracție. O grilă are o serie întreagă dc diafragme, cum ar fi multe piruii dc fante paralele. Fraunhofer a făcut o grilă din sârme aliniat Gntelc de difracție nu doar împrăstie lumina având multe fante, ele adaugă **noi** caracteristici dc interferență luminii tmumiH.

Deoarece lumina se difractă și interferează, se comportă, în unele cazun.cați cum ar fi undă. Dar nu se întâmpla tot timpul așa. Einstein și alții au arătat că uneori, dacă privești în direcția potrivită, lumina se comportă nu doar ca o undă, ci și ca o particulă. Mecanica cuantică a apărut din această observație, în mod uimitor, așa cum vom vedea mai târziu, în versiunea cuantică a experimentului cu fantă dublă, lumina știe dacă să se comporte ca o undă sau ca o particulă și își schimbă caracteristicile doar pentru că noi o privim.

Idee de bază unde luminoase

DIFRACFRAUNHOFER

care
interferează

Efectu Doppler

Toți am auzit cum scade tonalitatea sirenei unei ambulante, când trace în viteză pe lângă noi. Undele emise de o sursă care se mișcă spre noi ajung suprapuse și, de aceea, par să aibă o frecvență mai mare, în mod similar, undele se împrăștia și, prin urmare, le ia mai mult timp și ajungă la noi dintr-o sursă care se îndepărtează, rezultând astfel o scădere a frecvenței. Acesta este efectul Doppler. Este folosit pentru a măsura viteza mașinilor, fluxul de sânge și mișcarea stelelor și a galaxiilor din univers.

Când o ambulanță trece în viteză pe lângă voi pe stradă, sunetul sirenei își schimbă tonalitatea, de la înaltă când se apropie de voi la joasă când se îndepărtează. Această schimbare de tonalitate este efectul Doppler, formulat de matematicianul și astronomul austriac Christian Doppler, în 1842. Acest efect apare din cauza mișcării vehiculului emițător în raport cu voi observatorii. Când vehiculul se apropie, undele sonore pe care le emite se acumulează, distanța dintre fronturile de unde se micșorează, iar sunetul devine mai înalt. Când vehiculul se îndepărtează, frontul de undă le ia mai mult și ajungă la voi. Intervalele dintre ele sunt mai mari, iar tonalitatea



scade. Undele sonore sunt comprimate

sursă îndepărtată

Spre și dinspre Imaginați-vă că o persoană de pe o platformă sau un tren în mișcare aruncă spre voi mingi, continuu, cu o frecvență de o minge la

1842 d.Hr.

Doppler a fost primul care a demonstrat că viteza de mișcare a surselor poate fi măsurată prin schimbarea frecvenței.

191

Wito'ihphar njoaridepl¹, irea
Spre roju, i gSlaxllfar.

DIFRACFRAUNHOFER

EFÈCTDDFPLÉR

Christian Doppler 18Ü3-1853

Cnnntinn Htippl'" ' : ■■■■1-"ŧr-n^~n ci ■::: l.i-ntnr :1r pintrA 'n Sjlmirg.Aus'j-în Cum i -n pmi! F-cigil çn rji çcnbnub şfaziirn-i fhnilæ. s-aînsiwi la Unhwaitatap din cp sfi slioeze ^nuLerraUtBi Ncsofia nqtrncm /j ingirrfl dî B Q9S 0" pwt -i ijhwirçitgtM rlr H.-ngj.

Dzjipkir n ireburt i;j titre« en hmr 5 s ù gùrift thîBF sil îlmigreji) îiiAmqri« Qgp nirrrnC cil pn/iic Dnpplgr ,i 'nnt zuprwplçitpt dt HLT'/IHleti ddazlibà. di Té"ù'.al.ud :.. b b/uL db Şi/bnL Unu d">Lre p-i".iT l.,; a ncinn . Fnt-rtr ir^ngir;:!. : ^.tiuu pmlrfr arn A^.ntn;i ■■■ r,:-:.-Ü-,L nn ■;■ CTIM¹ rrultnr 'j.-jny-. : nr puLrn nii "■ik'i. /r pu

Dopplgr püil.r.. ^tinŧA fô i;d nu i lase EÜ mccrrt injurj Dir. riiicctri. rciâ >im ilr i :i i üb- t u --,'ii i * Pnrj h: ■_—nii. Tîcifiþih ■" n þiirhsit ºri;j.i 'j; s □ rr'./nf. Ir-npcii ' t V-în."i iq 10<s, a pnv-Mt ç. kcnpm "i çgrr a doser? fl sr-irr :-în"! rii.- j lu-iir ■:■ i-'rcr; cnr i zci ncun nur-irr nfz-jil Cnpþh"

Fsta rjpi"în.ini' tgur¹ &ib" un vwhir nu pntf inup^lrî.nL. /e
m riffin .i-;!■„•r njky, !:■- : /■■■rui. m ■ ■ i r : ' i' i tu" ; ■ "■-j.-li- ■'i' p rjp; ■..□nti?¹.-: lf r.irv
çn iffl şî.nti laturi pu pprp. d'i i :.,mj,-n rii'.¹¹ .îñŧ.r.¹;," imp.nflp i/îf.l dp ."V ;:i lh iznr.'inr.n^ rr
dûnpn^iunv mm .i .ingnnAnrhr p.irahcw^ ri5-.l astft/i nu : u iri.Ti;. -A r.r.- ŧiul F/kr ■iffl.W dp
mfisurApm f¹ dr.¹ (faŧcrmn Jri

rcuirai, un ',ii"nr il çj ?TCi?r:i:rL ni.u -тuuLi zal.i? în m'i:r.,l

■ iv.ml,. :y;■ "uni' Dr f.ird.rr.i H OcpflTî nu luind: z ' ril'Lnt.. ' i nnlir'iabcift. t Lmp zr pr i'Lfinu i . z
ugiiil. tziraLrdkctm jî intuitŧ. n fbinÇinr^

fîKBH trei secunde, interval măsurat cu ctcmemc+ni] de L* ceasul de mână a' acelei perswinc. Oară acea persoană w mică spre irol, mingilor le va Jua mai puțin de trei secunde să ajungă la wŧ, deoarece sunt lansate din ce în ce mai aproape. Prin urmare, ritmul t H va părea mai mare celui sau celei care prinde mingile. La fel, când platforma se îndepărtează, nnngiorlevalua

1992

Prima deleteere a unui p inetr dn a'ardM'jtriTLlul solar, prin metoda 3uppltr

INSPATEUÖDELOR

mat mult timp să ajungă la voi. ele parcurgând o distantă mai mare La fiecare aruncare, deci frecvența cu care sosesc este mai mică. Dacă ați măsura această schimbare de ritm cu propriul cronometru, ați putea deduce viteza platformei pe care se află aruncătorul. Efectul Doppler apare în cazul oricăror obiecte care se mișcă unul în raport cu altul. Ar fi același lucru dacă ați fi în trenul în mișcare, iar persoana care aruncă mingile ar sta pe loc. Ca modalitate de măsurare a vrtezei, efectul Doppler are numeroase aplicații. Este folosit în medicină pentru măsurarea fluxului de sânge și de asemenea, la radarele de pe marginea șoselei care îi prind pe șoferii viteunilor.

Mișcare în Doppler Apare deseori și în astronomie, producându-se oriunde există materie în mișcare. De exemplu. Lumina venind de la o planetă care orbitează la o distanță îndepărtată va avea modificarea Doppler. Când planeta se mișcă spre noi frecvența crește, iar când se îndepărtează de noi, frecvența luminii scade. Lumina planetei care se apropie este descrisă ca „deplasându-se spre albastru” iar, când planeta se îndepărtează, lumina „se deplasează spre roșu”. sute de planete au fost observate în jurul stelelor.

Planete extrasolare

Am descoperit în anul 2003 prima planetă extrasolară: OrbiLeozj al Lc Stele tedeft Smiftlc. Multe din ele sunt „gigant.” ar: „Fol ca iir.” ni !>il/ni1 tu :. nni n| ir::-inr! ne -J.r...j b- :<!
nt>-;iln 4u fast qfesjjpr.tn. riii.l, și i âtuvn plrvr.i!
tduncr :im:lnr! ^ôr.irLj .i ■ i rnútrnt *\\j: Tixir ni.lv
„r ■.-hn/■!■:■! ;ti i arț pînnetfl, ier eceit liiruf i-
mantrt
:;u- izăunc nnr r...un nh □-ndfiptir.rj
ftVTTW ril? Miltji
Knl.:;! r-.'im ■!■:■ ■ <r nu Fr^t
dn^npv-.i! □hservírd rrtmñt. „i o-ivitñt c-i.ilil
dintru ele și steaua pr gnzdii Plmigte e nuni, nirc
ccm.^irntiv L:ij steh iiii? înjur..’ ijlfna nr:i; ■.ij.l,
nș.i u.i >;r.ü .difl :il .rt lt wrinri !/. „■llj:: rvn

siülr b" finr r ii ■; p^noLei mișc i
l'.i.țr naufl, ipr nr'i.r-tji sm -,1 ro.it n fi Vrki.t.l ca n
tcc 7lcpplr' a txii
Hcerd/ului luTiru nLiikii
PnTiD.c n^nnñn eKtr.iivJniT (W Fapt iir!!r:>!
>!!Fil.E 1'1 jur., ur.ii pulsir, în 1997. ți jun. ucii sLr
t: n: im, ui. în Of!Lr::..în!.'i ij- a dMfiit Mum A fulini
daraeCrwitiffil eputâ inr.ri qishime plunetnra o
■;i-Hfi-jitnn'i! relu:': 71 m.'':-rfi n.l'ș. dun ■ .im 1
cum iau nn^tr-m d fenta cnrFquiriții ple^cLiri! C .
Hjutand no -ir at:: "vnt.î'-iiri ■ ■ iwițiplt r.:i
hnlncncpi. 1 umipam f 2AC1T.'iniuciirnl. ir- ?nnfi.
51 ctservntnru Kepler al NA\$A [d"> 20001 se
eisi'i efi ee voi descopen nulte ! j'iuhi: ca
Pământul, în vuLur.. epropim

EFFECT DOPPLER

îndepărtate, începând din anul 1900, prin descoperirea acestui tipar în strălucirea stelei centrale.

Deplasările spre roșu pot apărea nu doar din cauza mișcării orbitale a planetelor, ci și din expansiunea universului, caz în care fenomenul este denumit deplasare cosmică spre roșu. Dacă spațiul dintre noi și o galaxie îndepărtată se mărește constant pe măsură ce universul se extinde, fenomenul este echivalent cu îndepărtarea de noi a galaxiei[™] aceeași viteză. La fel, două puncte de pe un balon care este umflat par să se îndepărteze unul de celălalt.

În consecință, trmuna galaxiilor se deplasează spre frecvențe mai joase, deoarece unele trebuie să călătorească din ce în ce mai departe ca să ajungă la noi. Așadar, galaxiile foarte îndepărtate arată mai roșii decât cele mai apropiate. Strict astronomic vorbind, deplasarea cosmică spre roșu nu este un efect Doppler în adevăratul sens al cuvântului, deoarece galaxia care se îndepărtează nu se mișcă, de fapt, în raport cu alt obiect din apropierea ei. Galaxia stă în cadrul ei de referință, iar spațiul este, de fapt, cel care se extinde.

Doppler și-a dat seama că efectul care îi poartă numele le-ar putea fi util astronomilor. Dar nici el nu ar fi putut să prevadă tot ce va decurge de atunci. El a afirmat că l-a observat în culorile luminii stelelor gemene, dar această afirmație este contestată astăzi. Doppler era un savant cu multă imaginație și creativ, dar uneori entuziasmul depășea măiestria lui de experimentator. Decenii mai târziu, însă, astronomul Vesto Slipher a măsurat deplasarea spre roșu a galaxiilor, punând bazele teoriei Big Bang a formării universului. Iar acum efectul Doppler poate ajuta la descoperirea unor lumi în jurul stelelor îndepărtate, care s-ar putea dovedi că adăpostesc viață.

Idee de bază nota perfectă

20 Legea lui Ohm

De ce sunteți în siguranță atunci când zimiți cu avionul printro furtună?
Cum salvează paratrăsnetul o clădire? De ce becurile din casă nu își micșorează
strălucire» atunci când aprindem alt bec? Legea lui Ohm răspunde la aceste întrebări

Electricitatea apare din mișcarea sarcinilor electrice. Sarcina electrică este o proprietate fundamentală a particulelor subatomice, care dictează modul în care acestea interacționează cu câmpurile electromagnetice. Aceste câmpuri creează forțe care mișcă particulele încărcate electric. Sarcina electrică. La fel ca energia, se conservă în ansamblu: nu poate fi creată sau distrusă, dar se poate deplasa dintr-o parte în alta.

Sarcina electrică poate fi o proprietate pozitivă sau negativă. Particulele cu sarcină electrică pozitivă atrag unde pe altele; cele cu aceeași sarcină electrică se resping. Electronii au o sarcină electrică negativă (măsurată de Robert Millikan în 1909), iar protonii au sarcină electrică pozitivă. Nu toate particulele subatomice au, însă, încărcătură electrică. Neutronii, așa cum sugerează numele, nu au încărcătură electrică și sunt prin urmare, „neutri”.

Exemplu 51. Electricitatea Electricitatea poate rămâne statică, sub forma unei distribuții fixe a sarcinilor electrice, sau poate să curgă, sub forma curentului electric. Electricitatea statică crește când particulele încărcate electric se mișcă, astfel încât sarcini electrice opuse se acumulează în locuri diferite. Dacă frecăți un pieptene de plastic de mânecă, de exemplu, pieptenele se încarcă electric și poate atrage alte obiecte mici cu încărcături electrice opuse, cum ar fi bucățele de hârtie.

Fulgerul se formează într-un mod similar, când, datorită frecțiunii dintre moleculele din norii de furtună, se acumulează electricitate, care este eliberată brusc.

1752 d.ttr.

Benjamin Franklin 1706-1790

PtütJ.irnin Frarji în ț n nÖRut În Pniitcn, SI JA.
fund .il r ncn;pTij::rnllr 51 r.r rr-'h mit nnpil il
ur-... f ic' r::!' !. rlri ^iTl'iín dn j ■!ii Jcti □ fost
înrrrrnntt tii ;i i 'iirj prnc^ Flín p nji inn i;i lur.-T;
:i r.rr tipQflnjF Chinr ț [lupii ct '.inkiin ii
ricvr" : .i. iibru, cl îț> sérti nq ndept, ■;c:
[--!;t;r';h ■. fi Frink r. Tjppgrntf Fmnkhn .1
puni." 11. ftw fljchprtffe /nin-.în.ic, cars l i [A:-
1". r:-L :hru pnn Tl j1x1 nii nimomhiln cn _-1:
i'dn 51 mijn.ifir;i rTHfpji u-flt. riijprt _-ni iile"
F'nnkhr' n F:: jt ifi ir,r rl.rto" prril <i i-.vr":
p.irr.!. "frrrt.- nr' ■!!!; ini cu dCLirt entile ț null.r
nltnlr dar n - m:i mull :i Font 'iiscinaL de

afecincitHte în 17SÎ, areefizatcflil rr-a«
r.Hif'tiru «tpiirimitnk ni r-rt... eu h-iltj.jrnl 5-;
finiri mn"- un nqr i1r? furtuni r..i ajut.rjr.il ui'..
jTri?.. în zLILT" ri-fl'ik-în a cunli'Luj L În vintg
COMjrtitiții în ultimii i;.1i ■■"i; jrtfiirtSrd
hihnt.i^i și șptflu r^b+.cn ți hi- c flzi du
pQflp 1 *ri vc: .în:-în Frt Shi!..! 21 Urnite ți
riilitflnd (j■ntruiibc re p s efendi A ri<'t"iil cc
i.ci.în iro r.irrlu n 1 ic diplon.iLit.r liirj.ri: 9l.!:u: :i
'A:-'i.i Fi-i'.!niB ț: în :. npul ■;! c.ipd l". !
7cln-,i>i
Ai'itincjn.'i A FasL mcnbrj □! j7 l.n-h-.. ji
r.ii-ciT Cinci, cnrr e e - ihcmt "■<:Inrnl. ■ dp
lftdepeftffrttj d n 17?B

Fulgerele pl stvea până la câțiva kilurHjtri în lungiiT-e ț temperaturi de zeci de mii de grade Ccislus.

Îi mișt&rt Curentul electric, așa cum M(E fokKit în locuirețe, este Un flux de suriid electrice. Sârmele de metal conduc electriddatca deoarece electronii din metale nu sunt legați de un anumit nudeu atomic ji pot ii puși în mișcare cu ușurință, înspre metale se spune că sunt conductori de electricitate. Electronii w mișca prlntr-o sârmă de metal la fel ta apa prmtr-o conductă. En alte materiale, sarcmla electrice pozitive pet fi cele care se mișcă. Atunci când substanțele chimice sunt djiolvate în apă, nucleele încărcate atât riegatî/, cat șt pozitiv (ionii) plutesc Liber. Matenalele conductoare, cum sunt metalele, permit sarcinilor electrice aă se miște cu ușurință prin ele. Materialele care nu permut electricității să treacă prin ele, cum ac fi ceramica sau plasticul, se numesc Izolatori Cele care conduc electricitate doar în anumite condiții se numesc serniconducton.

Ca și gravitații un curent electric poate fi creat dc un gradient, în acest caz intr-un câmp electric sau intr-un potențial electric. Așadar, la fel cum o modificate

1101

r/ lli<ji rnábjarj HITIFIJ e «.Irită j unu eklroi.



În FtiilStelpHa, ir.
1752. Barjimin
Tnmklm a .tCrai;

dirtf r-ui nor de
Lrljna Cuafuknd
unui Zmeu

3 înălțimii. Ț potențialul gră'rtatloriălj face ca un râu să cuigă la vale, c pindifioiț a potențialului electric între două capete ale unui material conductor face un curent de sarcini electrice să curgă prin acesta. Această „diferență de potențial", sau tensiune, dirijează fluxul de curent electric și. de asemenea, dă energie sarcinilor electrice

jXi Heiistenla Când lovește fulgerul descărcarea elcctncă se produce foarte repede prin aerul ionizat către pământ Astfel, se anulează / jT diferența de potențial care l-a provocat. prin urmare, fulgerul poartă / V un curent electric uriaș. Acest curent uriaș, nu tensiunea, este cel care 2 vă poate ucide în timp ce se scurge prin corpul vostru. în practică, r 1 sarcinile electrice nu se pot nușea cu viteze atât de m.an pnn majoritatea

I materialelor, deoarece întâmpină rezistență. Rezistența limitează miri- 1 mea curentului, disipând energia electrică sub formă de căldură. Ca să evitați să fiți uciși de un fulger, puteți sta pe un material izolator, cum ar fi un covoraș dm cauciuc. care are o rezistență foarte mare. Sau vă puteți adăposti într-o cușcă din metal, deoarece fulgerai se poate scurge mai ușor prin barele de metal decât prin corpul vostru, care, fiind alcătuit în cea mai mare parte din apă, nu este un bun conductor. O astfel de construcție este denumită cușca lui Faradayșdwpă Mlchad Faraday. care a realizat una în 1836. Tiparul câmpului electric generat de o cușcă Faiaday un conductor cu onticii ■ este de asemenea natură încât sarcina electrică circulă în exteriorul cuștii, iar interiorul este complet neutru. Cuștllr lur Farada? au fost echipamente de protecție utile pentru savanțn din secolul al XIX-lea, care făceau demonstrații cu fulgere artificiale Astăzi încă sunt folosite La protejarea echipamentului electronic și explica de ce, atunci când zburatł pnr.tr-o furtună electrică între Un avion de metaLsunteți în siguranță -chiardacă avfonul este lovit în plin, de un fuEger. De asemenea, sunteți în siguranță și într-o mașină din metal, atât timp cât nu parcați în apropierea unui copac.

Fulgeru

Pun!..!! :ii -u tvcpł.u ir. nLiduți
b: Hii riniji pri, d.ir. în Tiiilin. ur
Fulger l: ■.■rtt.n guprnfhțn
P.1r.ini...■ .li du
□ Ni±H du nn ir. FIBEMFO I «turtdl
! -'în dp i.3 milrDiirir- dn nn pr jł
n ::cir fn Stntn :: Un te, pilrj :i
Efl rin rri-înrrc! do folQprț foițp;
B4lul în fetflrt ari, Tfi IOC 000

Faratrâznetul lul Benjamin FraniJin funcționează într-un mod similar, asigurând fulgerului o calc cu o rezistență mică, pentru ca acesta să nu ișt descarce energia în clădirea cu rezistență mare pe care o lovește. Stanele ascuțite la capăt sunt cele mai bune, deoarece comprimă câmpul electric în vârful tar, mărind

probabilitatea ca electricitatea să fie canalizată prin ele spre pământ. Copacii înalți dăruiesc timpul electric, așa că nu este o idee bună să vă adăpostiți sub unul în timpul unei furturi.

Circuite Fluxurile electrice urmează bucle numite circuite. Mișcarea curentului și a energiei prin circuite poate fi desensă în același mod în care este descrisă curgerea apei printr-o rețea de conducte. Intensitatea curentului este similară vitezei fluxului, tensiunea este similară presiunii apei iar rezistența este echivalentă cu lărgimea conductei sau cu obstrucționarea din aceasta.

Georg Ohm a publicat, în 1826, una dintre cele mai utile legi pentru descrierea circuitelor electrice; legea lui Ohm este scrisă $V = IR$ unde tensiunea (V) este egală cu produsul dintre intensitatea curentului (I) și rezistență (R). Tensiunea este direct proporțională cu intensitatea curentului și cu rezistența. Dacă dublați tensiunea printr-un circuit, atunci dublați și intensitatea curentului care trece prin acesta, în cazul în care rezistența rămâne neschimbată; pentru a menține aceeași intensitate a curentului, aveți nevoie de o rezistență de două ori mai mare. Intensitatea curentului și rezistența sunt invers proporționale: creșterea rezistenței înseamnă scăderea curentului, legea lui Ohm se aplică chiar și circuitelor complexe, cu multe bucle. Cel mai simplu circuit poate fi imaginat ca un bec cu incandescență conectat cu sârmă la o baterie. Șatena furnizează diferența de tensiune necesară pentru a conduce curentul prin sârmă, iar filamentul din tungsten al becului generează o rezistență, transformând energia electrică în lumină și în căldură. Ce s-ar întâmpla dacă ați introduce în circuit un al doilea bec? Potrivit legii lui Ohm, dacă becurile ar fi puse unul lângă altul, dubla rezistența și tensiunea printr-o parte din circuit. Iar energia disponibilă ar trebui să se împartă, ambele becuri fiind mai puțin luminoase.

Conectând, însă, al doilea bec printr-o altă buclă, legată de prima, fiecare bec poate primi întreaga diferență de potențial. Curentul se desparte în punctul de unire a celor două bucle și trece prin fiecare bec separat, înainte de a se reuni. Astfel, în cazul în care al doilea bec strălucește la fel de tare ca și primul. Acest tip de circuit este cunoscut „în paralel”, iar numele se numește circuit „în serie”. Legea lui Ohm poate fi aplicată la orice circuit, pentru a calcula tensiunea și curentul din orice punct al acestuia.

Idee de bază teoria circuitului

2 Regula mâinii drepte a lui Fleming

Când ați mers cu bicicleta noaptea, ați leșinat poale, un dinam ca să alimentați farurile, o bară ondulată este răsucită pe cauciucul unei roți. creând suficientă tensiune ca să alimenteze două becuri. Cu cât pedalați mai repede, cu atât lumina strălucește mai tare. Bispazitivul funcționează deoarece un curent electric este indus în dinam - iar direcția f l un ului de curent este dată de memora bifa rerjula a mâinii drepte a lui Fleming.

Inducția electromagnetică poate fi folosită pentru a trece de la diferite forme de câmpuri electrice și magnetice la altele. Este folosită în transformatoarele care controlează transmiterea energiei prin rețelele electrice la adaptoarele de voiaj pentru pda și la dinamurile bicicletelor. Când un câmp magnetic variabil trece peste o spirală de sârmă, generează o forță asupra sarcinilor electrice din sârmă care le face să miște, producând astfel curent electric

INSUSIFARADAY ȘI-AM NU MI-AM DESCOPERIREA MAGNETIZAREA LUMII ȘI ILUMINAREA LINIILOR MAGNETICE DE FORȚĂ.

Pfeti ZI'ETI", 1K J

Ascunse într-o cutiuță de metal din dinam sunt un magnet și o spirală din sârmă. Bara care se învârtă pe roată induce un câmp magnetic pe spirala din sârmă. Deoarece magnetul care se rotește produce un câmp magnetic variabil, sarcinile electrice (electronii) din sârma sunt puse în mișcare pentru a crea curent electric. Se spune că acest curent este indus în spirala de sârmă prin fenomenul de inducție electromagnetică.

Regula degetului mare Direcția curentului indus este dată de regula mâinii drepte a lui Fleming, numită astfel după inginerul scoțian John Ambrose Fleming. Într-o mână dreaptă și îndreptați degetul mare în sus, arătătorul drept înainte

G I E

132

Erie lătarital cofittaHalcnil
eectritdin iliclj
denumii ..borcjri Leytteri'.

Îlritrú-ÍJCflgíturj Intre e
etlrii'Idle și nrtfprflffi.

1745 d.Hr.

REȚINUTĂ ÎN DREPTUL MÂINII FLEMING

și degetul mijlociu spic stânga, în unghi drept față de arătător. Dacă avem un conductor care se mișcă în sus, de-a lungul degetului mare, și un câmp magnetic orientat de-a lungul arătătorului, va fi indus un curent în direcția degetului mijlociu, toate trei în unghiuri drepte unele față de altele. Această regulă este ușor de memorat.



Curentul indus poate fi amplificat prin înfășurarea multă a spiralelor, astfel încât câmpul magnetic să își schimbe direcția de mai multe ori de-a lungul sârmei, mai puternic atunci când pecialetă mai repede. Nu contează dacă se mișcă magnetul sau spirala de sârmă, atât timp cât aceste două componente sunt în mișcare relativă una față de cealaltă.

Relația dintre câmpul magnetic variabil și forța pe care o induce este exprimată de legea lui Faraday. Forța indusă, numită forță electromotoare (desori abreviată emf), este dată de numărul de bucle ale spiralei, înmulțit cu rata de variație a fluxului magnetic (care crește odată cu intensitatea câmpului magnetic și cu suprafața spiralei). Direcția curentului indus este totdeauna opusă forței care l-a generat [această regulă este cunoscută sub numele de legea lui Lenz]. Dacă nu ar fi așa, atunci întregul sistem s-ar autoamplifica și ar încălca legea conservării energiei.

Faraday inducția electromagnetică a fost descoperită în anii 1830 de Michael Faraday. Fizician britanic Faraday era celebru pentru experimentele lui cu electricitatea. El a arătat nu doar că magnetii se rotesc atunci când plutesc pe un pat de mercur, descoperind astfel principiul de bază al motorului electric, ci a și demonstrat că lumina este influențată de câmpurile magnetice, justificând planul luminii polarizate cu ajutorul unui magnet, el a dedus că lumina în sine ar fi electromagnetică.

1831

Risipă duca per
inducția s
Magnetismul.

1873

Mikewill. puburj nuați k
E*«trarr agneti&mului.

1892

riem ng pne; nll teoria
tunsformilcrul j.

INSPATEUÖDÉLÖR

Michael Faraday 1791-1867

Mrhnr l i: ", iriray n ' -ni. i în ni.frtliri.ir: a
;miiéit ril. "ri t;Jrţ.lii adnâl în □ IngiHpré, u'dc
tira ȝixiH." "Tirjîr 'inrl. Fnurliw n fost h :■ ■:!
■ r.j corfcnnţ/i ■ ■■, m„:j ■ dn eh m it...
i--.UTchry On/y În InstAuL.. Pr'gri rin . rr-::"n
ţ a Tn:" dn irreminnr nrSt n nnnn L ' !'r> ■
ii'ifv-:ii ; ;ji1 ringj. , 'n luuC : ■ ■ 1 'nst respini
niţ.n, r.inri.iy n rr.rpjî sS 51 ; : r 1 rr.r T.H 1
[ic'-.r- dm bnp n.i'Jnli ; ■: ■ ::!;h Hí ■ În
Institut..1 Flrgn!, iif tartod ȝi IH irrrnm
ţtatncs l'-l HPI■ n ir> 11 igur.ih cnr 'i -' nţ.i 1
'y. :n ■ ■ i.rS ȝi ilr CricAin de ki În&LUitul
Reijnl tradiȝii pam cpntintȝr fi .intî.'i F îirndiyy
n Ffcyt

njircim.: î; cfimetfln "i -arrcniiy rtinl/it.iAȝi
cjMEopemd ndurţn t!îr::trmiiKri!ti::ft în 107-11
A Fcisl. nrcurascLit da un FMlE îhzeitfit
fjlrpnrmntlby ȝi a fppt rumit în mm riiltr
Funcȝii cfr 'ii-- .Tl.fiv 1 .r-i dţ renr.'iir
^tunȝiFc În Innty Hr-usc ralituijc unt n
dftitribuit l.i nlrw:ti""i.:n-ia farnilnr.
r.irpr^/dtnr, FnTiriny n'■T/npim; ;-npu'<în :
di .11 r,¹: ■KiD'id.i iLiJ ::i ;nvi: <;r . Fjm^ndr
pnei, .idinL" .! Ficrc'.Sȝ Fcgn.r inu u a.iLi :i
di :dn..O <:nj Fijradayȝi o ncLti .l ullirrit'le iii- În
Hn-mpLcn Cini^inl." p cnoCi dăru 1 dr prinȝul
Albert, în Hmr de rpc^NDţtarQ i inînnr.inl.i!.
snlr nentr uiȝii În nvAiȝin tȝjmȝr

Până La Faiaday. savanȝii credeau că există mai multe tipuri de ciectridtate, care M manifestă în diferite situaȝii. Faiaday a fwt ccl care a arătat că toate aceste tipun pot ii descrise după im acelapi cadru de referinȝă, pe baza mişcării saicirular electrice Faraday nu era matematician ?i chiar fusese etichetat drept „analfabet în matematică”, dar ideile sale au fost preluate de Oerk Maxwell, un alt fizician britanic, care le-a concentrat în cele patru ecuaȝii faimoase ale sale, rămase \$L astăzi fundamente ale fizicii moderne (vezi p. 38).

NIMICHUESTE PŔEI MINUNAT CA SĂ FIȚ AOEVÂMT DACĂ RESPECTĂ LEGILE NATURII

Mlc.hjü lj'j.Jjy. 18ii9

încârCÂtlira dtipnzitatEl Numele lui Făraday este dat astăzi unei unităȝi de sarcină electncă, Parad, asodată cu capacitatea condensatoarelor Condensatoarele sunt componente electronice caze stochează temporar sarcină electrică, fiind extrem de răspândite în circuite. De exemplu, blitzul unul aparat de fetogiafia! de unică folosinȝă itodnazfi

sarcină dectnci foiosind un condensator im timp ce aşteptaȝi ca blitzul să se declanşeze); când apăsaȝi pe butonul aparatului, blitzul ehberaia încărcătura electncă pentru a produce flashul, în momentul în care «te făcută fotografia. Folosind chiar ȝi o baterie normală, tensiunea care se arimulează poate fi mare, de sute de vnlȝȝivâ poate provoca un şoc electric extrem de neplăcut, dacă atingeȝi condensatorul

Cei mai simplu condensator dublu constătn două plăci de metal paralele fi separare, cu aer intre ele. Dar condensatoarele pot fi alcătuite din sandviciuri de aproape

REGUMAINL'REPT^UFLEMING

once materiale, atât timp cât pâinea" conduce sau păstrează sarcină electrică. Iar „umplutura" nu. Cele mai vechi dispozitive pentru stocarea încărcături i electrice datează din secolul al XVIII-lea și se numesc „borcane Leyden"¹, vase din sticlă a căror suprafață interioară a fost îmbrăcată în metal. Astăzi, aceste straturile de sandvici sunt făcute din materialele de folie de aluminiu, niobiu, hârtie, poliestere și teflon. Dacă un condensator este conectat la o baterie, când bateria este pornită, sarcinile electrice opuse se acumulează pe fiecare placă. Abundă când bateria este oprită, sarcinile electrice sunt eliberate sub formă de curent electric. Fluxul de curent scade, deoarece „presiunea" tur scade pe măsură ce diferența de potențial se reduce. Cum este nevoie de timp pentru încărcarea și descărcarea unui condensator, acestea pot întârzi considerabil fluxul de sarcină electrică în circuite. Condensatoarele sunt folosite deseori împreună cu Inductori (cum ar fi spirale de sârmă care pot adăuga curent indus), pentru a realiza circuite care încărcături electrice oscilează dintr-o parte în alta.

Transformatoare Inducția electromagnetică nu este folosită doar la dinamuri și motoare, ci și la transformarea energiei electrice. Un transformator funcționează când mai întâi un câmp magnetic variabil. Iar apoi folosind acest câmp pentru a induce un al doilea curent electric într-o spirală de sârmă din altă parte. Un transformator simplu constă dintr-un miez magnetic, cu două spirale de sârmă separate înfășurate în jurul lui. Un câmp electric variabil este introdus în prima spirală, generând un câmp magnetic variabil în miez. Acest câmp magnetic variabil induce, apoi, un nou curent electric în a doua spirală de sârmă.

Potrivit legii lui Faraday, mărimea curentului indus depinde de numărul de bucle din spirală, astfel încât transformatorul poate fi proiectat ca să regleze mărimea curentului generat. Când este trimisă electricitate printr-o rețea națională, este mai eficient și mai sigur ca aceasta să fie trimisă ca electricitate cu intensitate mică și tensiune ridicată. Transformatoarele sunt folosite la ambele capete ale rețelei, mărind tensiunea pentru a micșora curentul, la distribuție, și micșorând tensiunea la capătul din locuință al rețelei. După cum știți, dacă ați atins acumulatorul unui computer sau un adaptor de voiaj, transformatoarele nu sunt suta la suta eficiente, deoarece se încălzesc și, uneori, fac și zgomot, pierzând energie prin sunet, vibrație și căldură.

Idee de bază

legile inducției

Ecuatiile lui Maxwell

>

Cele patru ecuații ale lui Maxwell reprezintă pietrele de temelie ale fizicii moderne și unul dintre cele mai importante progrese de la revoluția gravitației universale. Ele arată cum câmpurile electrice și magnetice sunt două fațete ale aceleiași monede. Ambele tipuri de câmpuri sunt manifestări ale aceluiasi fenomen - unda electromagnetică.

Exemplu: Într-o vreme, la începutul secolului al XIX-lea, au existat două teorii separate: electricitatea și magnetismul pot fi transformate din una în cealaltă. Dar fizicianul James Clerk Maxwell a făcut una între cele mai mari descoperiri ale fizicii moderne, reunind să dădea câmpul electromagnetic în ansamblu în doar patru ecuații.

Undele electromagnetice: Forțele electrice și magnetice acționează asupra particulelor încărcate electric și a magnetilor. Câmpurile electrice în sine generează câmpuri magnetice și invers. Maxwell a explicat cum apar ambele din același fenomen, o undă electromagnetică, având atât caracteristici electrice, cât și magnetice. Undele electromagnetice conțin un câmp electric variabil, însoțit de un câmp magnetic care variază similar, dar este poziționat în unghi drept față de celălalt.

Maxwell a măsurat viteza undelor electromagnetice care trec prin vid, arătând că aceasta este, în esență, aceeași cu viteza luminii. Alături de descoperirea lui Heinrich Christian Ørsted și ale lui Faraday, acest lucru a confirmat faptul că lumina este, de asemenea, o perturbare electromagnetică în mișcare. Maxwell a demonstrat că undele luminoase și toate untele electromagnetice călătoresc în vid cu o viteză constantă, în jur de milioane de metri pe secundă. Această viteză este determinată de proprietățile electrice și magnetice absolute ale spațiului liber.

OG1E

1600 tLHr. 1752

1820

Miil larr Gi bert LErutejji j
electricii j.i rnagnttteflflât
&erjdmin [>jnkhn Face ex
peri tn Ante cu fbljefe.
Or'.tedfurf 'egiturn iritr
electricitate u magriatism.

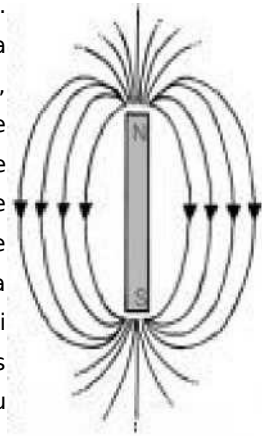
ECUAȚIILE MAXWELL

Undele electromagnetice pot avea o varietate de lungimi de undă și pot acoperi un întreg spectru dincolo de lumina vizibilă. Undele radio au cele mai mari lungimi de undă (metri până la kilometri), în timp ce lumina vizibilă are lungimi de undă care sunt similare distanței dintre atomi, iar la cele mai înalte frecvențe sunt razele X și gamma. Undele electromagnetice sunt folosite mai ales pentru comunicații, prin transmiterea de unde radio și de semnale de televiziune și de telefonie mobilă. Ele pot furniza căldură, ca în cazul cuptoarelor cu microunde, și sunt folosite deseori ca sonde de cercetare, de exemplu, razele X folosite în medicină și pentru măsurarea câmpurilor electrice și magnetice.

**CU GREU PUTEM
EVITA CONCLUZIA CĂ
LUMINA CONSTĂ ÎN
OSCILAȚII TRANSVERSE
ALE CÂMPULUI ȘI MEDIU,
CARE ESTE CAUZA
FENOMENELOR
ELECTRICE ȘI
MAGNETICE.**

Forța electromagnetică exercitată de câmpurile electromagnetice este una dintre cele patru forțe fundamentale, alături de gravitație și de forțele nucleare puternice și slabe, care țin laolaltă atomii și moleculele. Forțele electromagnetice sunt esențiale în chimie. Legând ioni încărcati electric, contribuie la forma compusilor chimici și molecule.

Câmpurile lui Maxwell au început prin a încerca să înțeleagă lucrările lui Faraday, care descriau experimental câmpurile electrice și magnetice. Câmpurile, în fizică, sunt calea prin care forțele sunt transmise la distanță. Gravitația acționează chiar și la imense distanțe din spațiu, unde se spune că produce un câmp gravitațional. La fel, câmpurile electrice și magnetice pot afecta particule încărcate aflate departe. Dacă vi-ați jucat vreodată cu pilulă de fier împrăștiată pe o hârtie și nu un magnet dedesubt, ați văzut că forța magnetică face particulele de fier să se miște și să se așeze în curbe care se întind de la polul nord la polul sud al magnetului. Forța magnetului scade pe măsură ce îndepărtați de el foaia de hârtie, iar Faraday desenase aceste linii de câmp și a dedus reguli simple. El a desenat de asemenea, linii de câmp similare pentru particule încărcate electric dar nu era matematician de formație. Așa că l-a încredințat lui Maxwell misiunea de a încerca să unifice aceste idei într-o teorie



183

Faraday descria
inductia
magnetica.

187

Maxwell a dezvoltat

3

190

ecuații care descriu

5

ECUAȚIILE AXW/ELL

[în' .trîn publu teoria r? la&vrtăȝ:: mirânir

INSPATEUI DĂLOR

Patru ecuații Spre surprinderea savanțâar, Maxwell a reușit și descrie toate fenomenele electromagnetice în doar patru ecuații fundamentale. Aceste ecuații sunt atât de cunoscute a stări încât au ajuns să fie sen« pe tricouri, alături de comentariul „ȘL Dumnezeu a făcui lumina". Deși acum considerăm clecuomagnncnsmul unul și același lucru, pe atunci această idee era revohjțiunasâ t] la fel de importantă dacă am unifica, astăzi, fizica cuantică și gravitația.

Prima dintre ecuațiile lui Maxwell este legea lui Gauss numită astfel după fizicianul din secolul al **XIX-lea** Carl Friedrich Gauss, care a descris legea lui Gauss astfel:

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

ferma s:

intensitatea câmpului electric generat de un obiect încărcat electric.

Legea lui Gauss este o lege a inversului pătratului distanței, similară

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = 0$$

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

Ecuația lui Gauss

matematic cu legea gravitației a lui Newton. Ca și gravitația, câmpul electric scade pornind de la suprafața unui obiect încărcat electric, proporțional cu pătratul distanței. Pe urmă, câmpul este de patru ori mai slab dacă mergeți de două ori mai departe de sursa lui.

Deși nu există dovezi științifice ca semnalele de telefonie mobilă dăunează sănătății, legea inversului pătratului distanței explică de ce ar fi mai sigur să aveți un releu de telefonie mobilă mai aproape de casa voastră decât mai departe. Câmpul generat de releu scade rapid odată cu distanța, pe urmă, este foarte slab când ajunge la vcd. Prin comparație, câmpul telefonului mobil este puternic, pentru că acesta este ținut aproape de capul vostru. Așadar, cu cât este mai aproape releu!, cu atât mai puțină energie folosește telefonul mobil, potențial mai periculos, atunci când vorbiți la citii toate acestea, oamenii se comportă deseori irațional și se tem foarte mult de releu.

James Clerk Maxwell 1831-1879

James Clerk Maxwell (1831-1879) a fost un fizician și matematician scoțian. Este cunoscut pentru munca sa în fizica teoretică, în special pentru dezvoltarea teoriei electromagnetice. A demonstrat că lumina este o undă electromagnetică și a formulat ecuațiile fundamentale ale electromagnetismului.

James Clerk Maxwell (1831-1879) a fost un fizician și matematician scoțian. Este cunoscut pentru munca sa în fizica teoretică, în special pentru dezvoltarea teoriei electromagnetice. A demonstrat că lumina este o undă electromagnetică și a formulat ecuațiile fundamentale ale electromagnetismului.

INSPATEUfiDÉLOR

m.ignnLi'irnJ ■■ ;

c::rdi!n!;,e. ir: ::c.;^i Cñr:: Lnl.ñi .. i; .1

i—lini:'.?-l, ■'■.■'i>wı Ū ■! nul.nH"cnț. 1 i u în:x!

i':.r 'ií. tihțir.': ;j.r. !■,;■. ur, ri:-¹:rd.'^îurgl'

Pir:v8"ti Fața rrnnl.nniuii'ift., a men; În kings

Hcilngir dll'! Lo-dru urce țî a dosevărțlt cn.n тij

nijnnscutC hKrfln '■> jur.J i-_'ii!ii, 10B2, n iiacuiiit

râ vrtr.ni '.lnrinl:>-1 : :!.\\?;ij;-r.l.i. . ;i cr» a luminii

it":.l □calpați, ir." J1 .irii mm Mr; u n pub cnl. ri:ci

p:i !.■ i. -jni. :: ții ■'! 1 ! elai'JT^nugrŭțjs'Hij .11

ECUAȚIILE lui MAXWELL

A doua ecuație a lui Maxwell descrie forma și intensitatea câmpului magnetic; sau tiparul liniilor câmpului magnetic în jurul unui magnet. Legea arată că liniile de

câmp sunt totdeauna bucle închise, de la polul nord la polul sud. Cu alte cuvinte, fetei magnetii trebuie «A aibă și pol nord, fi pol sud ■■ nu există magnetii cu un singur pol, iar un câmp magnetic are totdeauna un început și un sfârșit. Acest lucru este o consecință a teoriei atomice, potrivit căreia chiar și atomii au câmpuri magnetice, iar magnetismul la scară mare este generat dacă aceste câmpuri sunt aliniate. Dacă (ăiați o bară magnetică, în două, veți reproduce totdeauna patul nord și polul sud în fiecare jumătate. Nu contează cât de mult divizați magnetul; cea mai mică așchie 1/13 avea ambii poli.

A treia și a patra ecuație sunt similare și descriu inducția electromagnetă. A treia ecuație arată cum curenții variabili produc câmpuri magnetice, iar a patra - cum câmpurile magnetice variabile produc curenți electrici. A treia lege este cunoscută și ca legea inducției lui Faraday.

Descoperirea tuturor fenomenelor în câteva ecuații atât de simple a fost o descoperire atât de importantă încât l-a făcut pe Einstein să pună realizarea lui Maxwell pe aceeași treaptă cu cea a lui Newton. Einstein a preluat ideile lui Maxwell și le-a incorporat apoi în teoriile sale ale relativității în ecuațiile lui Einstein, magnetismul și electricitatea sunt manifestări ale aceluiași fenomen, văzute în diferite cadre de referință; un câmp electric într-un cadru în mișcare va fi văzut ca un câmp magnetic în alt cadru. Poate că a fost Einstein cel care, până la urma, a tras concluzia că, de fapt, câmpurile electrice și magnetice sunt unul și același lucru.

**ORICE NEBUN
INTELIGENT POATE
FACE LUCRURILE MAI
MARI MAI COMPLEXE...
E NEVOIE DE GÂNDIRE
DE GENIU-ȘI DE MULT
CURAJ PENTRU A MERGE
ÎN DIRECȚIA OPUSĂ.**

Citat și atribuit lui Albert Einstein.
1879-1955

¹ în cartea "S-a întâmplat în
1905" de Mihail G. Spănuș
în "Măști de război", în
MH FM. hrtalaiul
btlulc Paul Dlmc a
iljmi și put e uda
r*igi'eti Cu
ufttiHtyir pal.
Ilunur.i du 1 putut
taillniiH, pi[ă KMB,
KMB hrtalai



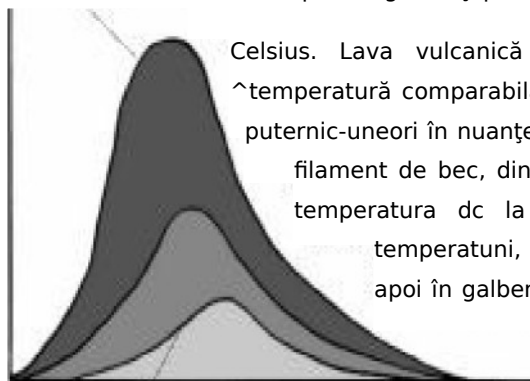
**Idee de bază
... și s-a făcut
lumină.**

23 Legea lui Planck

De ce spunem că **oțelul este roșu aprins**? Și de ce **oțelul** când este încălzit începe să strălucească mai întâi în roșu, apoi în galben, iar apoi în alb? Mai Planck a descris aceste schimbări de culori combinând fizica cuantă a luminii cu fizica caldurii. Descriind lumina ca o medie statistică, nu ca o undă continuă, ideea revoluției născută de la Planck a pus bazele fizicii cuantice.

Într-un discurs celebru din 1863, primul-ministru britanic Harold Wilson se amuză de „Căldura albă a acestei revoluții (tehnologice)”. Dar de unde vine această expresie, „căldura albă”?

Îi înțelegem Căldura Știm cu toții că multe obiecte strălucesc când sunt încălzite. De exemplu, cărbunii pentru grătar și plăcile electrice se fac roșu, atingând sute de grade



Albastru

RMB

Celsius. Lava vulcanică se apropie de o mie de grade Celsius (temperatură comparabilă cu cea a oțelului topit) și poate străluci mai puternic uneori în nuanțe de portocaliu, galben sau chiar alb intens. Un filament de bec, din tungsten, depășește 3 000 de grade Celsius, temperatura de la suprafața unei stele. Odată cu creșterea temperaturii, obiectele incinse strălucesc mai întâi în roșu, apoi în galben și, în final, în alb. Lumina pară albă pentru că lumina existentă, roșie și galbenă, i-a fost adăugată mai multă lumină albastră. Această evoluție a culorilor este denumită curba corpului negru.

Stelele urmează această succesiune: cu cât sunt mai fierbinți, cu atât eră mai albastre, și oare, la 600 de grade Kelvin, este galben, în timp ce suprafața gigantice rații Betelgeuse

IA VW Í **WLOGIE**

1924.Hr.

(din constelația Orion) are o temperatură doar pe jumătate cât a Soarelui. Stele

1901 Planck'ij legea

radiatiei corpului

'ermflu', uyp r^g'u'
«le fbk»K de Latre
Guțau Kirchhoff.

Max Planck 18 5S-1947

Mux Piarca Bludiel <J Mund -! : ■ ■ . Bern : " Atc
„inri ■ : ,i carr"ii în-rurir ;i n rzcrul sf itul Î.-I.,
nui ciiin. pn cnr: ! i în irr bat m nnun-nr Lrct-./
na fri'ntr? l'. i: ?...!; innii. ca. rl.nr: iS simte
niiunin i;ă puni această ii ii' ebsra, ar trabt« ai
studiere nH.rcv.i Mit: i ,7i-nfryii.ru! în- :i Fij:ca
-i l .1 inr ..r.ijnL T-: multi npuriiL'du na/cii. i
ijvi. IT: .. ! "ii ufi rinn crtii camplet percqbot ş r
S r;u n:ii' mm.n cn şţun r.

D - Fanrirr Plnnncl a ignnmt şi ți i erjntjnupt
CirceiSnliţ !n'.!; ,iriri ctinr.upt.. de cuante
Maitflrriu, Plafiek u trarul pr-rrriifi fri rin ,i
ţi'jrn: i'w.ţ.-i \$ '"n
riultj copii muriraj :In fi ffrrdu ¹ ..ci^în
râibuuife fiitind'ăla Cu tflata scbtl-ii. P|H1L<J
răcişi i|l GtirTVd Ud, Ulidu ;|i| ■ . "■'CfiL
hiioffiffthwâatll sL'jd'jl FiUCil AatâZi,
■■■■..uroi "i: ■ " "■.il.ul.i pn!. İzi:: i: jİEI C :I
r/i!'ir:i-hfl" ii pc-ir.Ji numele

mai fiebinţi cum st f. Sirius, cea mai strălucitoare de pa cer. t cărei suprafaţă incandescentă atinge 30 W di grade Ketvin,pare albutii-albi Pe măsură ce tetripEiatura creşte, a?te Emiri tot mat multă lumina albastră. 3E fapt, cea mat putonucă lumină a steLeloi incandescente este atât de albastră încât cea mai mare parte a ei iradiază în partea ultravioletă a spectrului.

RaÜiatia corpului nc^ni Ftncrenli secolului al XIX-lea au fast surprinşi să descopere că lumina emisă atunci când obiectele erau încăiztte urma model, indiferent de substanţa pe care o testau. Cea mai mare parte a humnil era emisă la o anumită frecvenţă. Când temperatura era mărită, maximul frecvenţei se modifica spre lungimi de undă mai albastre (mal joase), trecând de la roşu, prin galben, la albastru-alb.

Termenul de radiaţie a corpului negru este Merit pentru un motiv întemeiat. Materialele mai închise ja culoare pat radia sau absorbi căldură cel mai bine. Dacă aţi purtat un tricou negru într-o EL călduroasă, -ştiţi că acesta se încălzeşte de ia Soare mai mult decât unul alb. Albul

**TEORIA CORPULUI
NEGRU A FOST 0« ACT
DISPERAT, DEOARECE D
INTERPRETARE
TEORETICĂ TREBUIA SA
FIE GĂSITĂ CU ORICE
PREȚ, ORICÂT DE MARE**

MaHpiarwt lțOl

190

Linslūiri Identifici fctiMtad
iar lecwia citastrcfel
ujtraviD'ete eite rentriijij

Î996

Dotele colrcjlje fi Virsmiiede latohljl COBE .i
ută Li ds^erminarei tr npraturii nuds j mic
roii ndú-eir radi.il ii puffitcede Fond

Moștenirea lui Planck în spațiu

Rn n-.n.pfli-rnnk spactm nl nirp nKjrd aotn gen
cu □ i;,-"-:;.! ::ü
R ü"... ■ 'Li .filrlnt în i' riikicinpa ■ nft >i
nicrnundrlnr : m i; în'. ririi.il -niniji rir fnc nl
explnnr m . " Rig Rn-g : ,ntB spra r::yi rinlrntă
ijnivnr'.ului
frțmfli jcflijo strd jc;m
rul- rlaniiTiit.j "ic nț t] cnririicft dn fiind Tn «ni
1K0. sitslrltul COBE ECDBIHO Bickgrpgnd
Ripian r] ul MASA B măsurwt

temperatura .ic:nnLei krr-mi un npcctni de carp
ri'ijru dn 3,73 grada Kplwi r wtft di 1'arrrl! rneft¹
or.iiiahn ? rflrr-n M .int.fi/ i:nc m: p.irti curlifi de
radciț o a unui crjrp r.: -tind. ;■ Ji Mc un n :
■" i.il
de pe P&mănt nu ara g tamptgrgtufli utfft dn ..r
lgriTii Agent p l-ipaț ;i ft F jrcpn;! "ii¹ n nn.i.j ii :if
r. pa Fi :r:cic nurund dup.1 plc<[n-.-i n
.....uțfl t AcaNI.n ,Tj pirtog -;ifl,i
în ci: l.n >u rad nț ;i cnr.rnr:fl în ■'nr.ri

Soarelui, motiv pentru care carele din ionele cu clima caldă sunt deseori zugrăvite în alb.

Zăpada, reflectă, de asemenea, lumina Soarelui Climatologii se **tem** eă Pământul se va încălzi mai iepe de în cazul în care calotele polar e s-ar topi și ar reflecta înapoi în spațiu mai puțină lumi nă solară Obiectele negre nu dota absorb, ci elibcicaiaă călduri mai repede decât cete albe. De aceea suprafețele cuptoarelor sau plitele sunt vopsite în negru ■ nu doar ca să ascundă funinginea

0 revoluție Deți fizicienii alcătulreră grafice ale radiației corpului negru, nu puteau să le tccretiicz sau să crpljcc de cc frecvența atingea maximum la o singură culoare. Cercetători importanți. [™] Wilhclm Wien. lordul fiayieigh ?i lames Jaans. au descoperit sotuții parțiale. Wien a descris matematic deplasarea spre albastru a frecvențelor, în timp cc Rayleigh flJeans au explicat spectrul toju incipient, dar ambele formule au eşuat în explicarea fenomenelor de La capetele opuse Mal s les soluția lui Raylcigh și Juns a ridicat probleme, deoarece prevedea că o cantitate infinită de energic va fi eliberată la lungimi de undă ultraviolete și mai mart, din cauza spectrului în creștere. Această problemă evidentă a fost numită „catastrofa ultravioletă".

Încercând sa înțeleagă radiația, eotpulm negru, fizicianul german Max Planck a reunit fizica luminii și a căldurii. Planck eia un purist al fuicu căruia ii plăcea să revină labază pentru a deduce principii fizice. El ora fascinat de conceptul entropiei ?i dc legea a doua a termodinamicii le considera, alături de ecuațiile lui Maxwell, drept legi fundamentale ale naturii și și-a fixat ca obiectiv

dovedirea modului în care sunt legate Planck a o încredere deplină în matematică ■ dacă ecuațiile lui îi spuneau că ceva era adevărat, nu reușea dacă toți ceilalți gândeau altfel.

Planck a aplicat un artificiu inteligent pentru a face ecuațiile să funcționeze. Ideea lui a fost să trateze radiația electromagnetică în același mod în care experții în termodinamică tratau căldura. La fel cum temperatura este împărțirea căldurii între mai multe particule, Planck a descris lumina ca distribuție a energiei între un set de oscilatori electromagnetici sau mici unități subatomice de câmp electromagnetic.

Pentru a corecta ecuațiile, Planck a stabilit legătura dintre energia fiecărei unități electromagnetice și frecvență, astfel încât $E = h \nu$, unde E este energia, ν este frecvența luminii, iar h este o constantă denumită astăzi constanta lui Planck. Aceste unități electromagnetice au fost numite „cuante”, de la cuvântul latin care înseamnă „jucărie”.

În noul tablou al cuantelor de energie, oscilatorii electromagnetici de frecvență înaltă preiau fiecare multă energie. Prin urmare, nu pot exista mulți într-un sistem fără ca limita de energie să fie spulberată. La fel, dacă ați primi în fiecare lună salariul în USD de bancnote cu diferite valori, ați primi mai multe bancnote cu denumiri mici decât câteva cu valoare mai mare sau mai mici. Stabilind cea mai probabilă modalitate de distribuție a energiei electromagnetice între mai mulți oscilatori, modelul lui Planck, a plasat oca mai mare parte a energiei la frecvențe medii - aceasta distribuție se potrivea cu spectrul corpului negru. În 1901, Planck și-a publicat legea, legând undele de lumină cu probabilitatea, lucru pentru care a fost elogiat. Noua sa idee rezolva problema „catastrofei ultraviolete”.

Cuantele lui Planck au fost doar un concept pentru găsirea formulei matematice a legii soarelui; el nu și-a imaginat nici un moment că oscilatorii săi ar fi reali. Oai, într-un moment în care fizica atomică nu se dezvoltă rapid, noua idee a lui Planck a avut implicații surprinzătoare. Planck a plantat sămânța care va crește pentru a deveni unul dintre cele mai importante domenii ale fizicii: teoria cuantică.

Idee de bază buget de energie

24 Efectul fotoelectric

Când lumina ultravioletă strălucește pe o placă de cupru, se produce electricitate. Acest fenomen a rămas un mister până când Albert Einstein, inspirat de folosirea de către Max Planck a conceptului de cuante de energie, a avut ideea particulei de lumină, sau foton. Einstein a arătat că lumina se poate comporta și ca un flux de fotoni, și ca o undă continuă.

Începutul secolului XX a deschis o nouă perspectivă asupra fizicii. În secolul al XIX-lea se știa că lumina ultravioletă poate să producă curent electric într-un metal; explicarea acestui fenomen l-a condus pe fizicieni la inventarea unui întreg limbaj.

Lovituri albastre Efectul fotoelectric generează curent electric în metale când acestea sunt iluminate cu lumină albastră și ultravioletă, dar nu roșie. Nici măcar un fascicul strălucitor de lumină roșie nu produce curent. Sarcinile electrice se mișcă doar atunci când frecvența luminii depășește un anumit prag, care diferă în funcție de metal. Pragul indică faptul că o anumită cantitate de energie trebuie să se acumuleze înainte ca sarcinile electrice să fie dislocate. Energia liberă provine de la lumină, dar, la sfârșitul secolului al XIX-lea, modul în care întâmpla acest lucru nu era cunoscut. Undele electromagnetice și sarcinile electrice în mișcare păreau să fie fenomene fizice extrem de diferite, iar unificarea lor era o provocare.

ORICE ÎNTREBARE ARE DOUĂ RĂSPELURI.

frulagOrjs. 433-d 21 UH*

Fotoni În 1905, Einstein a formulat o idee radicală pentru a explica efectul fotoelectric. Această idee, mai degrabă decât teoria relativității, a fost cea care i-a adus premiul Nobel în

1921. Inspirat de folosirea de către Max Planck a cuantelor pentru

Ilarti mjiw'j
praduic dr
LltriviD ?ti

1039
Alexandru B. Guerel
bienn'ered j
folDelcrInc.

130
7
H.i'rteilE
lurrirj
cirelme^te

189
9
□ luniafață mftihcii.
Jj Tlwmsqrt CONfinmă u lumini iriLidcnt.i

genertiti HettMili.

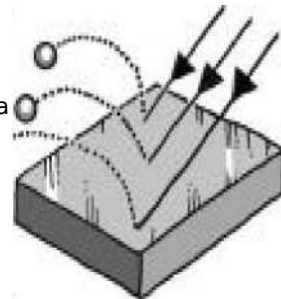
EFFECT OF LIGHT ON ELECTRIC

to explain the energy of hot bodies. Einstein had imagined that light could exist in small packets of energy, and Einstein had borrowed the idea from the quantum theory, the relationship between energy and frequency, linked by Planck's constant, and he applied it to light, not atoms. Einstein's quanta of light, called photons, have no mass and travel at the speed of light.

Instead of heating the metal with light, Einstein made the hypothesis that clumps of photons hit electrons in metal and set them in motion, thus producing the photoelectric effect. Because each photon carries a certain amount of energy, proportional to its frequency, the energy of the hit electron is, of course, proportional to the frequency of the light. A red photon (with a lower frequency) cannot carry enough energy to knock out an electron, but a blue photon (light with a higher frequency) has much more energy and can set the electron in motion. **Even a** photon of ultraviolet light has

much energy, so it can knock an electron and set it in motion. The increase in the brightness of light does not change anything, it counts how many photons you have, if each of them is incapable of setting electrons in motion. It's like throwing ping-pong balls into a car. The idea of Einstein, linked to the quanta of light, was initially unpopular, because it seemed to contradict the description of light waves, summarized in Maxwell's equations, which all the physicists of the time revered. The atmosphere was gloomy, but when experiments proved that Einstein's idea was true. Experiments confirmed that the energy of the released electrons is proportional to the frequency of the light.

At first, the wave-particle hypothesis of Einstein was not only controversial, but also proposed the uncomfortable idea that light was both a wave and a particle, called wave-particle duality. The behavior of light up to that moment



190

Einstein introduces the concept

1

1905

Einstein
proposes the
theory of
special relativity

192

De Broglie's hypothesis of wave-particle duality
is part of quantum mechanics

4

EFFECTBC1T0ELECTRIC

ds energie.

EFFECT OF ELECTRIC

Albert Einstein IS79-1955

1905 n fþst un .în !i! nimri-n gr pnrnrt.i
 '■ziLiaiiul nfleut în Barmenia Albert Einstein,
 i :■■■. ,i C.I funr l, : ■■■■■■■■■■
 7:-:i-
 pftm hrîivnie A be't Fin-ikr ■■■ □ puljliptjt tmi
 inn j'1" di: fi7:fI ■ rr.iitu g:-n n".1 /inri.jjiM
 dr?* Fhjijrt Acnjtpn i-xji!ir.-i-i nipt ■!
 hnirtrinnS !"■■■■: l... ':>!<■■■ rv.Lr 1 ş rr
 :!/: il.Ü!:!L1 ■■d:-!:-jjfl. tj' ■ rv .imlr ■ 1 lr
 err 11 ccrurü mDli/tKnarÄ Ar-pjl.itl, n liJ

în care Maxwell și-a
 formulat ecuațiile
 urmasa totdeauna
 modelul unei unde,
 ocolind obstacole
 rotunde.cu

**STRATUL DE LA SUPRAFAȚA
UNUI CORP ESTE PENETRĂT
DE CUANTE OE ENERGIE A
CĂROR ENERGIE ESTE
TRANSFORMATĂ, MÂCAR
PARȚIAL ÎN ENERGIE CINHICA
A ELECTRONILOR. CEA MAI
SIMPLA IDEE ESTE CÎ O
CUANTA DE LUMINĂ ÎȘI
TRANSFERĂ ÎNTREAGA
ENERGIE UNUI SINGUR**

difracție, reflexie și
 Interferență-Ein
 stern a zdruncinat
 această
 convingere,
 demonstrând că
 Lumina «te fl un
 fluxdr proiectile de

iijnrn mlaLwiLa^i. i gdn'r'a .-nl.r
 narruTrjînri td ara uftul dintre cei rr.:i
 mari «:jiT-:!! dc tîtmîK ni •A.zunir iir./' ir
 P.T ru ini ri;ii-în', cririr.'i't ■■■ fitei/n
 "timpul urii rnhpsr SdliTî ru; Cîrîfrmfîf
 t*Qni| relativităţii gentjrnhrîitp. »iicfindij
 1 □eiebtataB ™ şia 5 în lîii. ILN E ' stern
 1 ■ n ::ar:[T'r| ■XII .. Nohi'l cei—ni
 _crnn::n n 1 r.. [i'i<în: în cFcc'::! fntni
 irienr. .i.iri- n irnihîntat. dcizvll.n în.i

fotoni.

Fizicienii încă sunt contrariați! de această problemă. Astăzi, știm chiar că lumina poate să se comporte ca flux de particule sau ca undă, în diferite condiții. Dacă faceți un experiment prin care să măsurați proprietățile ei ondulatorii, cum ar fi trecerea lumii printr-o rețea de difracție, se comportă ca o undă. Dacă, în schimb, încercați să măsurați proprietățile particulelor, se comportă după cum doriți.

Fizicienii au încercat să facă experimente în care să încerce să surprindă natura reală a lumii, dar, până acum, toate aceste experimente au eșuat. Multe sunt în așteptare ale experimentului cu fantă dublă al lui Young, dar cu componente care pot fi pornite și oprite. Imaginați-vă

o sursă de lumină ale cărei raze trec printr-o fante înguste și sunt proiectate pe un ecran. Cu ambele fante deschise, vedeți cunoscutele fâșii întunecate și

EFFECT PHOTOELECTRIC

tununoase ic
franjelor de
interferență. Pnn
urmare, lumina,
după cum știm,
cate o undă.
Totuși, daca
reducem lumina
suficient de mult,
la un moment dat,
ni'.clu l devine atât
de scăzut Încă:
fotonii Individuali
trec prin dispozitiv
unul câte unul, iar
un detector poate
surprinde flashurtele
lor, când ating
ecranul în timp ce
faceți acest lucru,
fotonii continuă
să se acumuleze în
modelul de
interferență
cunoscut.

Așadar, cum >1 ic un singur foton prin care din fante să treacă pentru a alcătui modelul de interferență? Dacă acționați rapid, puteți să închideți una. din fante după re fotonul a părăsit sursa de Lumină sau chiar după re a trecut pnn fante, dar Înainte să lovească ecranul în fiecare caz în caia fizicienii au reușit să facă acest test, fotonii au știut dacă o fantă sau două erau deschise în momentul în care au trecut Șt, chiar dacă fotonii trec unul câte unul, se pare că fiecare foton trece pnn ambele fante simultan.

Dacă puneți un detector Intr-

Celule

Eflichjl fatawleizbfa BT" _H
fntaart nnlbii la EMnaurilE
soia rain care lu-iifa
ülibei^dzü tleetrtFr. Sa obicei,
din matenele swmeon- duttüurt,
Cum tr h SfIMHul, r.j ::n TIPLili-

EFFECT PHOTOELECTRIC

una dim fante
(astfel încât să
știți dacă
fotonul a trecut
prin aceasta sau
prin cealaltă), în
mod straniu,
modelul de
Interferență
dispare rămâne
doar o
aglomerație de
fotoni pe ecran
și nu sunt franje
de interferență.
Prin urmare, **nu**
contează cum
încercați să îi
prindeți, fotonii
știu cum să se
comporte. Și se
comportă și ca
undă, și ca
particule, nu ca
una sau alta.

Unde de
mister În
1921, Louis-
Victor de Broglie
a sugerat ideea
inversă că
particulele de
materie pot
comporta, și ele,
ca unde. El a
propus ipoteza
că toate
corpurile **au** o

lungime de
undă asociată,
implicând că
dualitatea
particulă-undă
este universală
Trei ani mai
târziu. Ideea
măsurătorii undă a
fost confirmată
când s-a
observat că
electronii se
difractă și
interferează la
fel ca lumina.
Fizicienii au
observat până
acum și
particule mai
mari care se
comportă ca
undele, cum ar
fi neutronii,
protonii **și,**
mai recent,
chiar molecule,
inclusiv molecule
microscopice
din carbon
Obiectele mai
mari, cum ar fi
moleculele de
polimeri, au
lungimi de undă
minuscule, prea
mici pentru a fi
văzute, astfel
încât nu le
putem observa

EFFECT PHOTOELECTRIC

comportându-se
ca unde. O
minge de tenis
care zboară
deasupra unui
teren are 9
lungime de
undă de 10-34
metri, mult mai
mică decât
diametrul unui
proton (10^{-15}
metri).

După ce am
văzut că lumina
este și particulă,
iar electronii
sunt uneori
unde,
efectul fotoelectric
a fost explicat.

**Idee de
bază
gloanțe de
fotoni**

Ecuația undei a lui Schrödinger

Cum putem spune unde
este o particulă dacă
aceasta se propagă și ca
o undă? Erwin
Schrödinger a scris o
ecuație care descrie
probabilitatea ca

EFFECT PHOTOELECTRIC

o pârliț: ulă să se afla
într-un Anumit tac, Când
5B cumpăta ci O undă.
Mergând mai departe,
ecuația sa a reușit
descrie Murii e de
energie Ei le electronilor
din atom, punând bazele
chimiei moderne, dar și
ale mecanicii cuantice.

Potrivit lui
Einstein și
lui Louis-

Victor de
Broglie,
particulele fi
urte. Ut se
întrepătrund
strâns. Undele
electromagnetice,
inclusiv
lamina, preiau
ambele
caracteristici și
chiar fi
moleculele și
particulele
subatomice de
materie pot
difracționa și
interferența
ca undele.

Dar undele sunt
continue, iar
particulele nu

sunt. Prin
urmare, cum
puteți spune
unde se află o
particulă, daci
aceasta se
propagă sub
forma unei
unde' Ecuția
lui Schrddingci.
descoperită dc
fizicianul
austriac £ ovin
Sdmddingcr în
1926, descrie
probabilitatea
ea o particulă
care se
comportă ca
undă să se afle
intr-un anumit
loc, folosind
fiara undelor și
teoria
probabilității.
Această ecuație
este unul dintre
fundamentele
mecanicii
cuantice, fizica
lumii ttonrin

Ecuția
luiichibdingcrafo
st folosită Inițial
pentru a descrie
pozițiile
electronilor într-
un stam
Schrbdinger a

EFFECTBOTOELECTRIC

încercat să
descrie
comportamentul
de undă al
electronilor
incorporând, de
asemenea
conceptul de
cuantă de
energie introdus

1897 Or.

J. J. Thomson a descoperit
electronul.
1906 Nobel.

191

Nielsen a descoperit electronii
în anul 1911.

ECUAȚIA DE ONDĂ A lui SCHRODINGER

de Max Planck, ideea că unda de energie se propagă în unități de bază a căror energie este proporțională cu frecvența undei. Cuantele sunt cele mai mici unități formând o structură granulară încăleucită.

Stă la baza lui Bohr fizicianul danez Niels Bohr a fost cel care s-a aplicat electronilor unui atom această idee a energiei cuantificate. [Iritat electronii sunt eliberați și iese din atom și sunt încălecați negativ. Bohr s-a gândit că, la fel ca planetele care orbitează Soarele, electronii orbitează un nucleu încălecat pozitiv. Totuși, electronii nu pot avea decât o anumită energie, corespunzătoare multiplilor cuantelor elementare de energie. În cazul electronilor menținuți într-un atom, aceste schimbări de energie constrâng electronii să rămână în anumite straturi, în funcție de energie. Este ca și cum planetele s-ar putea afla doar pe anumite orbite, definite de regulile energiei.

Modelul lui Bohr s-a dovedit extrem de util, mai ales în explicarea atomului simplu de hidrogen. Hidrogenul are un singur electron orbitând un singur proton, o particulă încălecată pozitiv care se comportă ca un nucleu. Stratificarea energiilor cuantificate, realizată de Bohr, a explicat lungimile de undă caracteristice ale luminii emise și absorbite de hidrogen.

Ca și cum ar urca o scară, dacă electronului unui atom de hidrogen i se dă un impuls de energie, acesta poate sări pe treaptă superioară sau într-un strat superior. Pentru a urca la cel mai înalt nivel, electronul trebuie să absoarbă energie de la un foton care are exact cantitatea de energie necesară. Altfel, este nevoie de o anumită frecvență a luminii pentru a indica nivelul energetic al electronului. Dacă o altă frecvență nu va da rezultate. Alternativ, odată impulsat cu energie, electronul poate cobori înapoi în stratul inferior, emițând un foton cu frecvența corespunzătoare.



1926

Schrodinger formulează Ecuația undei.

104 ENIGMEU ANTICE

Amprente **spectrale** Pînă la urcarea electronilor pe scara energetică, gazul de hidrogen poate absorbi o serie de fotoni cu frecvențe caracteristice, corespunzătoare pragurilor de energie dintre straturi. Dacă lumina albă este observată prin gaz, aceste frecvențe apar întinse, deoarece întreaga lumină este absorbită! La fiecare prag de frecvență. Linii Luminoase apar, în schimb, dacă hidrogenul este fierbinte, iar spectrometrului sunt la un nivel ridicat pe scara de energie. Aceste energii caracteristice ale hidrogenului pot fi măsurate și sunt în concordanță cu predicțiile lui Bohr. Toți atomii generează linii similare, la diferite energii caracteristice. Prin urmare, acestea sunt ca niște amprente cu ajutorul cărora pot fi identificate diferite substanțe chimice.

Fiziicii **Ondulării** Nivelurile de energie ale lui Bohr s-au dovedit valabile în cazul hidrogenului, dar s-au aplicat mai puțin bine în cazul altor atomi cu **mai** mult de un electron și cu nuclee mai grele. Mai mult, de Broglie arătase că electronii trebuie să fie considerați ca unde. Așadar, orbita fiecărui electron putea fi considerată **un** front de undă. Deci, dacă electronul era analizat ca **undă**, era imposibil să se spună unde se află la un moment dat.

Captivă

104 ENIGMEU ANTICE

D pntici^ .1 cd'v; plytațe i-<: viriu; r i;p;il, ui
 kxir nn: ri Rînr,țiri ondi. .itnrc nl niin grnflc BH|U
 ca u niuicaiiă uncii particula eiti irchi"în inl.r c
 cijLwi, plinți p^iustil funrțn i;culnl.: ".i- Lr::t: .11
 ■ .1 . mn p.inS Li .1'π 1 p. nț; ;U'Jl ■, :
 ". i : ir. |:i "l.n cR n.: pniiljc
 și exiVic ti :: ~el iridiu Rjncțip onrli. atu rin ilir.
 ■■"jindul cuLci cciaLr Fi r1nU"Tr nnL-l n-.ilufind
 -.«lunlr rle or "rgir 'i;nu c...mLn j energvtițr rin
 part cu i:. cOfE tntiuiur i;d fia tu td n-suna nu-
 lhon rirf[:iil. iEra Pfentru : . :5c:.ir (nunifx!
 <ivcl:.n dq qnE^ÎE rafit p: ■■'■■■■■; |i:iLiw'.
 1.■:■■.!! c.. în! ■■ -r; p-u1.ee ■ 'i'hi' n.n
 proht|S uri se .1T il n .inij~iil.ii bcurj riiicnt în ii
 bale ■ : ■ stă bCun h :i ihm- i rarr [în'.în...i nu
 FJl ■.'□ P/1o nicicirintji, undi pndț ilnLinn nstr
 /tiro Sijtnnr'-:!

nn Gpnțirfti -'hi -ui-£:ț.ii onndțibD-ii ctjrț i-..nt n
 cnnhrntiE u rr.n mj' .ir ■ nulicirii i 13 nll.:r
 funcții rnn'jnat.țj: : fril nti ..n ix:n nu7i-nl alrj:utt
 d.- moi mults arrrcnu - fiica r.,în^S um Fqlgțj
 lcgilfi i.z Kiiwtjcn pont. 11 n dr u: în rnipcmrn
 iini:i p'irti::Lih' irLr n cutei [cn ;i c_rr tKtiniiln or
 Fi n :■ .1 nn njlnri". n triin.atiir.1j în nner
 rnrnrnt flrr țh .'■itacț :.nr1n sv iria pFtiwls și în
 w țrecției w mițcj rn::;ir ::n r:: intrin. nu zULEU
 viirl- di .:SL dr-pre ronhii:? .1 knjciu ca
 partir^ila sli în aFn ir',-un nrurr: CE: o
 Lin .m..!i:. nnr:ir\ ri»L"!i.ă nwilur ..r du - nftJii
 r..,intrf. .it.ft .■ ■ ucahilur atuiniLe, sunL lr; jt-
 'rAjniult! " ca¹« partir.In 1,71-i r,Y;rtji Dn- n, p..-
 jir- qprii":i :n ipcBCtrftl untu sn nH.1 pari, cui 1
 dpwjntcn unr.r;'..i i:i;L.ri ța 111111 dt

ECUAȚIA ÎN FIZICĂ ȘI ÎN FILOSOFIE

Schrodinger. Inspirat de teoria lui de Broglie, a scris o ecuație care poate indica poziția unei particule atunci când se comportă ca undă - și a reușit să facă acest lucru doar statistic, folosind probabilitatea. Ecuația lui Schrödinger este un element fundamental al mecanicii cuantice.

Schrodinger a introdus ideea unei funcții de undă pentru a exprima probabilitatea ca o particulă să se afle într-un anumit loc, la un anumit moment, și pentru a include toate informațiile care pot fi cunoscute despre acea particulă. Funcțiile de undă sunt extrem de greu de înțeles, întrucât nu le observăm în experiențele noastre și ni se par foarte greu de imaginat și chiar de interpretat filosofic.

**DUMNEZEU STĂPÂNEȘTE
ELECTROMAGNETISMUL PRIN
TEORIA UNDELOR LUNI,
MIERCURI ȘI VINERI, IAR
DIAVOLUL ÎL STĂPÂNEȘTE
PRIN TEORIA CUANTICĂ MAHO,
JOI ȘI SÂMBĂTĂ,**

Sir Paul Dirac, 1928. *Quaternions and Quantum Theory*, 1862-13

Noua perspectivă deschisă de ecuația lui Schrödinger a dus și la realizarea unor modele ale orbitelor electronice din atomi. Acestea sunt contururi de probabilitate, indicând zone în care electronii s-ar putea afla cu o probabilitate de 85-90 la sută (ceea ce ridică problema că există o mică probabilitate ca aceștia să se afle în cu totul altă parte). Aceste contururi s-au dovedit a fi nu sferice, cum își imaginase Bohr, ci mai degrabă forme mai strânse, cum ar fi clopote sau gogoși. Chimicii folosesc acum aceste cunoștințe pentru a crea molecule.

Ecuația lui Schrödinger a revoluționat fizica, aplicând ideea dualității materiei - undă și particulă - nu doar atomilor, ci întregii materii. Alături de Werner Heisenberg și de alții, Schrödinger este, într-adevăr, unul dintre păinii-fondatori ai fizicii cuantice.

**Idee de
bază aici,
acolo, dar
nu peste
tot**

I?

Principiul incertitudinii al lui Heisenberg

Principiul incertitudinii al lui Heisenberg afirmă că viteza {sau impulsul} și poziția unei particule, la un moment dat, nu pot fi cunoscute amândouă cu exactitate - cu cât mai precis o măsurăm pe una, cu atât mai puțin putem afla despre cealaltă. Werner Heisenberg a afirmat că simpla observare a unei particule o modifică, tăcând imposibilitatea emiterii cu precizie a acesteia. Așadar, nici comportamentul becului, nici cel viitor al unei particule Malomice nu pot fi descrise cu certitudine. Determinismul a murit.

În 1927, Heisenberg a dat scama că teoria cuantică oferea câteva perspective. Implica faptul că experimentele nu pot fi făcute niciodată în condiții de izolare perfectă, pentru că acțiunea de măsurare în sine afectează rezultatul, și a exprimat această idee în „principiul incertitudinii” nu poți măsura simultan poziția și impulsul unei particule subatomice (sau, echivalent, energia sa, la un moment dat). Dacă o știi pe una din ele, cealaltă este totdeauna incertă. Le poți măsura pe amândouă cu o anumită marjă de eroare, dar, cu cât această marjă este mai mică pentru una, cu atât mai mare devine pentru cealaltă. Această incertitudine, a argumentat el, era o consecință profundă a mecanicii cuantice - nu avea nimic de-a face cu lipsa de îndemânare sau cu acuratețea măsurătorii.

Incertitudinea în oda măsurătoare există un element de incertitudine în răspuns. Dacă măsurați lungimea unei mese cu un metru de croitorie, puteți spune

G I E

1657 Or.

190

LEBi'e iru^c jm j « lui Newton
ImpltceKițtrntj JT. II univers deifnivist.

legej >L- Pbnck
fdoM^te tehrr.ftatiitiui.

PRINCIPIUL INCERTITUTII HEISENBERG

că masa are un metru, dar puteți spune acest lucru doar cu o marjă de eroare de un milimetru, deoarece aceasta este cea mai mică gradăție de pe metrul de croitorie. Așa că nu ar putea și aiba 9,9 centimetri în sălău centimetri și voi nu ați ști.

Este ușor să ne gândim la incertitudinea fiind datorată doar limitărilor instrumentelor noastre de măsurat, cum ar fi metrul de croitorie, dar afirmația lui Heisenberg este fundamental diferită. Aceasta arată că nu putem ști niciodată cantitățile, impulsul și poziția, în același timp, indiferent cât de precis este instrumentul pe care îl folosim. Este ca atunci când am determinat poziția unui înotător și nu putem ști viteza lui în același moment. Le putem ști pe amândouă cu aproximație, dar, în momentul în care o stabilim pe una, cealaltă devine mai incertă.

Metoda lui Heisenberg Cum apăsăm această problemă? Heisenberg a imaginat un experiment în care se măsura mișcarea unei particule subatomice, cum ar fi un neutron. Un radar ar putea fi folosit pentru a urmări particula prin reflectarea undelor electromagnetice în aceasta. Pentru o acuratețe maximă, s-ar putea alege razele gamma, care au lungimi de undă foarte mici. Dar, din cauza dubității unde particulă, fluxul de raze gamma care lovește neutronul s-ar comporta ca o serie de gloanțe de fotoni. Razele gamma au frecvențe foarte mari și, deci, fiecare foton ar purta o mare cantitate de energie. Când un foton ar lovi neutronul, i-ar da un impuls puternic care i-ar modifica viteza. Prin urmare, chiar dacă am ști poziția neutronului în acel moment, viteza lui s-ar schimba imprevizibil, din cauza procesului de observare.

Dacă am folosi fotoni cu energii mai mici, pentru a reduce schimbarea de viteză, atunci lungimea lor de undă ar fi mai mare, astfel încât acuratețea în care determinăm poziția ar fi afectată. Și, în orice caz, cu optimizăm experimentul, nu putem afla simultan poziția și viteza particulei. Există o limitare fundamentală, exprimată prin principiul incertitudinii al lui Heisenberg.

1327

Heisenberg publică principiul incertitudinii.

ENIGMEU ANTICE

Werner Heisenberg 1901-1976

1A'!"!T ■■ klill'! li IBIT] i'.t ■■■■!■!. lh [jl
IO: I
I : i: dauCi ră/bc i:e nandu : AdalesLtn: ,n :
mpul Pnrr.. Hfijhni Htirri: i: H:5::"bi:rg É n n
ätumt fpițcfij-i pnnlnjl.inurnl.4i Rrrnnnii'i ■-
iil--:ihírűre ij m.-rr i ț: nșț-rițuli'F/icc. orr hrr l-
r?:n-nnca~g U ..r,'i: În Forme 1fr tiniDj win R:
ojintj ■. mpul .hi r :>nri.r.j ;i nt...: b mat.i¹
■nn'iicn A oLudiat Fmca tũD'Bt.ză la i. -
rni'...iil.ih ihn Mimnhn fi j-? üjît grru sîi frnpflrti
în'.r i:fłgonbc.i lui prnLru viotj " ț.irfi ți himea
Qitutroc^ü n ț'.i !■:,<: QupA 741 ț □ dat
dnrzLnrlLul. Her^nbrgg ,i prr uut cosũun
nririrmni- ți I i inh.iinit pm F inr-hrm timpul ..nr
v În fjjpin'i.'pja în IA,²i l- ■ innhnrg arj.ih :--.i:
pnn i F^—nflfl

necai în cuantice, cunübuită cu 'necv- -.3
ri.rjnrrziEilfi ți a pn-niL Pnirr... Na::--:
pnn'. 'u activitate s siliin 19 J? Acurr ®Le
cunoscut n.n D.i ■: penLn.! pnnnip'U¹
incrrtituriini FomuhiL Tn J9E7.

În timpijl nnliji d? ,il Dnilcn H-Șrhni Mondial,
l'ii sanheirg o conri.is pr: nc'.ul iiTiikir nurh.-
bri! gțrffrtuse, rnm nn i iTJUt s-ccci., ți a
lucrnL : nn nmctr,-cle 'fizi;jni? "ucluuri 7l;:..Ü
diüLul.abil :i;:..1 mrapoc t.nl.rp GCTTO" ii o<i
afiihnsc tarriá nun eafI I Fast die heratS lau
doa'pr:xnnnLf. :r : :1h n:țui ■" f.i.iif; -hrhni
□ fnijt ni/ntnt dtj Alinți și tjfłtinvt. frnpwrM ci.
qlt> SEivqn^i Tl:■■■nun. în ^ng n dup4 r.urt
u -tvcriiL Id cereatapß, hi Germania

În tealitate, eț m inlâmplj »te mal gieu de Înțeleș, din cauza cumulăitl oom-
purtanierituJLii undă-paiticiilă atât ai pirjculcloT subatcimice, cât ți zl urideiur
ektroniagnetl« Dcfiniica. pc-îlticj particulcloij a impulsului a cncigiri țl A timpului sunt
toate piobabilisticc Ecuatja tai Schiodiriger descrie profrabilitatca m P partiriuiă sâ sc
afle într-un anumit kc sau sâ aibă o anumită energie, potisvit teoriei cuantice, apa cum
se manifestă în funcția undei particulei, funcție care descrie toate proprietățile
acesteia.

¿xAp>-

Heisenberg a lucrat la teoria cuantică în aceiași timp cu Schrödinger Schrödinger
a preferat să lucreze ta aspectele ondulatorii ale sistemelor subatanucc, în timp
ce Wcisenbeig a cercetat natura cuantificată a energiei Ambii fizicieni au
elaborat modalități de a desene matematic sistemele cuantice, potrivit
piefcrlnțclo? lor, Schrodinger folosind matematica undelor, iar Heisenberg
folosind matncile, tabele numerice bidimensionale, ca un mod de a desene

Pnnztiul
jncodiudlnir Jl'Uı serurile de proprietăți.
heisunLe-ig

Interpretarea jnatnctalâ țl cea ondulatorie au avut, fiecare, adopții ei, iar fiecare tabără
a crezut că cealaltă se ințcla. Până la urmă, ți-au pus în comun resursele și au elaborat
o descriere comună a teoriei cuantice, care a devenit cunoscută ca

PRINCIPILUL INCERTITUDINII HEISENBERG

mecanici cuantice. În timp ce încerca să formuleze ecuațiile acestora, Heisenberg a observat incertitudinile care nu puteau fi eliminate și le-a semnalat unui coleg, Wolfgang Pauli, într-o scrisoare din 1927.

Indeterminismul Heisenberg a înțeles implicațiile profunde ale principiului incertitudinii și a subliniat modul în care acesta pune probleme fizicii convenționale. În primul rând, principiul implică faptul că mediul în care s-a comportat o particulă subatomică nu a fost limitat până când s-a făcut o măsurătoare a lui. Potrivit lui Heisenberg, „traectoria începe să existe doar când o observăm”¹. Nu putem să știm unde se află un lucru până când nu îl măsurăm. El a observat, de asemenea, că nici traiectoria viitoare a unei particule nu poate fi prezisă. Din cauza acestor incertitudini legate de poziție și de viteză, viitoarea stare este, de asemenea, imprevizibilă.

**CU CÂT ESTE MAI EXACT
DETERMINATĂ POZIȚIA, CU
ATÂT MAI PUȚIN EXACT SE
CUNOAȘTE IMPULSUL ÎN
ACEST MOMENT ȘI INVERS.**

W. Heisenberg, 1927

Ambele afirmații au provocat o profundă ruptură de fizica newtoniană din acea perioadă, care pornea de la ipoteza că lumea există independent de cine o observă. Mecanica cuantică a arătat că, la nivel atomic, o astfel de perspectivă deterministă era lipsită de sens și se putea vorbi, în schimb, doar despre probabilitatea rezultatelor. Nu mai putem vorbi despre cauză și efect, ci doar despre șansă, lui Einstein, ca și multor alții, i s-a părut greu de acceptat, dar a trebuit să fie de acord că ecuațiile arătau acest lucru. Pentru prima dată, fizica a trecut dincolo de laborator și de experiențe și s-a ancorat în domeniul matematicii abstracte.

**Idee de bază
cunoașteți-
vă limitele.**

2 Interpretarea Copenhaga

Ecuatiile mecanicii cuantice le-au dat samtilor raspunsurile corecte, dar ce însemnau ele? Fizicianul danez Niels Bohr a elaborat interpretarea Copenhaga a mecanicii cuantice, combinând ecuația undei a lui Schrödinger și principiul incertitudinii al lui Heisenberg. Bohr a argumentat nu există experimenta izolată - ca intervențiile observatorului modifică rezultatele Experimentelor sale antice. Făcând acest lucru, el a pus sub semnul întrebării însăși integritatea științei.

În 1927, existau mai multe viziuni concurente asupra mecanicii cuantice. Erwin Schrödinger argumenta că fizica undelor putea să explice comportamentul cuantic, caia putea fi descrisă, în totalitate, incluzând ecuațiile undei. Werner Heisenberg pe de altă parte, dădea că natura corpusculară a undelor electromagnetice și a materiei, descrisă în reprezentarea lui matricială, era cea mai importantă pentru înțelegerea naturii. Heisenberg a arătat, de asemenea, că înțelegerea noastră era fundamental limitată de principiul incertitudinii. El credea că știerea trecutului și viitorului nu puteau fi cunoscute până când nu erau fixate prin observație, din cauza incertitudinii intrinseci a tuturor parametrilor care descriu mișcarea unei particule subatomice.

Un alt om de știință a încercat să pună laolaltă toate experimentele și teoriile, pentru a crea o nouă viziune care putea explica ansamblul. Acesta a fost Niels Bohr, șeful departamentului de Fizică la Universitatea din Copenhaga și savantul care explicase stările cuantificate de energie ale electronilor în atomul de hidrogen împreună cu Heisenberg. Mai târziu, Bohr a elaborat

1901 d.Hr.

Planck publică legea radiației și introduce termenul de cuantă.

1905

Einstein folosește cuantă de lumină pentru a explica efectul fotoelectric.

Nids Bohr 1885-19&2

NIBls 3oh- 7 l.ni::ut prn ce :: dciufi r;ijj:n,n:!
nnrtcjirfk! 51 q lucmt cu ir 1 dintre i::
; rrni irripcrln^tj fizir om ""ñrtfris !■.
■■■:!!■! fi iL.clini, ■'/ir.;! ■■■! jnrjnn;
bitiid tbn í' iprn-.irjn "fl::ând CKpcinTirrr r:
rjn 1 ;zi :Hu:: j ■Tinii în Innnsnr.J cp Unirse
c .il titfM. :rti_ S n nuțit în Angl.i ciupii re unt
drtrnraLi, rlu:: :«ut CD-^lkl r rj J . „hc:T;:r
Ciupii :n ii lKjI-HLCu EffiHt HiAftatfurM 5.-'
Ma'ichMtif; i; :: ""itoiTi lu Ccf:ilr--ngn. un:în';i
aifctiqiHt lucrările ie .eterni lui BchTCrnMUtn

ni rrți mjlti EHimqfii iiji >n';iijii'«;iTă un atrnti
Mftfii) Aprcnrt FramiLi Not>eH⁻102, chiar Î
airtte n ciL:ini::c Cuùiticù să an dnhiijliz p::
c:ipl - Pentru n ""flps :: n GrrT ir „i P llti-'n
■■■U- 191C ■ Mirțiiir ; nd'înl::: ;pn; l^Ltuti.
de f uS Teui-i'.iù dl lu Dihr iJl^Ecpnr-.ig:: unse
cm.. ^îutluit i"ir u-cnn::: du'fit rin CarlrrC-inc;
f:ihn::ur.ț.i dr hrm rinm:/ Prind noj çlj -ijj
nçupiit Duru-'nnrT o, ir. 1 SdC. Rcihr n f..git
int- n inimii rlp pwrzdt în Suțdiri, iar¹apa -
Ârglr:

G viziuns haCLEUcâ a [™].c<aniai cuantice, care a devenit curmcutâ ca interprctaiea Copenhaga
Este încă inteipretaiea preferată a celor mai mulți fizicieni deți au fost prepuse șj alte variante.

DOuă pûrti Hidi Bchr a adus a abordate ñlosohca a noii țtitnțe. A subliniat în special impactul
pe care obseivatorii ințlți 0 au asupra rezultatelor experimentelor cuantice. În primul rând, a
acceptat ideea „complementantâții", faptul că aspectele de undă șj de particulă ale materiei
ale luminii erau două fațete ale aceluiași fenomen, pi nu două categorii separate de
evenimente. La fel cum Imaginile dlNr-un test psihologic i;î schimbă sensul în funcție de modul
în cate sunt privite ■ două Linii icrpuitc în oglindă pot să pată conturul unui vas ou două figuri
în profil uitându-sc únala cealaltă -.proprietățile ondulatorii sau de particulă sunt moduri
complementare de a vedea aeelați fenomen. Nu lumina i-a schimbat tipul, ci mai degrabă
modul în on am decis să ii privim.

Pentru a face legătura între sistemele cuantice 0 cele normaSe. inclusiv cu experiența noastră
la scară umană. Eohr a introdus ți „principiul corespondenței',

1927

htelleribfergpilEiItS pnnLip ui itrtertttkHliML
Este Farr-L ljtS ' Isrp'eLaruj Gopunl.ugd.

ENIGMEU ANTICE

potrmt căruia comportamentul cuantic dispare pentru sisteme mai mari, cu care suntem familiarizați, în care se aplică fizica newtoniană.

Imposibil dc **cunoscut** Bohr și-a dat seama de importanța fundamentală a principiului incertitudinii care spune că nu pot fi măsurate și poziția, și impulsul (sau viteza) unei particule subatomice, în același timp. Dacă una din acestea este măsurată exact, atunci cealaltă «te Inevitabil nesigură Heisenberg a crezut că incertitudinea este provocată de mecanica acțiunii de măsurate în sine. Pentru a măsura un lucru, chiar pentru a-l privi, trebuie și scoatem fotoni din el. Întrucât acest lucru implică totdeauna transferul unui Impuls sau al unei energii, atunci acțiunea de observare a perturbat mișcarea inițială a particulei.

**ȘUHIE NIJNTR-O JUNGLA ȘI
NE GĂSIM CALEA PHİ»
ÎNCERCARE SI EROARE.
CONSTRUINDO-NE
DRUMUL ÎN JIRMA
NOAS1RA PE MASURİ CE
ÎNAINȚĂM,**

M&Jf Born, 1882-1970

considerare
proprietățile

întregului sistem, inclusiv sistemul vizual din creierul nostru, care procesează fotonii din măr.

Bohr, pe de altă parte, credea că explicația lui Heisenberg este eronată. El a argumentat că observatorul și sistemul pe care îl măsoară nu pot fi separați complet niciodată. Acțiunea de observare în sine este cea care determină comportamentul final al sistemului, prin probabilitatea comportamentului undă-particuli din fizica cuantică, nu simplu] transfer de energie. Bohr a considerat că trebuie analizat comportamentul întregului sistem, în ansamblu; nu pot fi separate particula, radarul și chiar observatorul. Chiar dacă privim un măr,

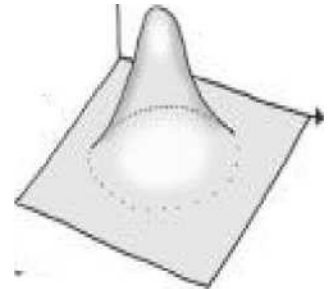
Bohr a mai argumentat că însuși cuvântul „observator” este folosit greșit, deoarece creează imaginea unui privitor extern, separat de lumea care este privită. Un fotograf ca Ansel Adams poate capta frumusețea naturală imaculată din Yosemite, dar rezervația este, într-adevăr, neatinsă de omi! Cum ar putea fi astfel, când fotografia este acolo? Adevărata Imagine este cea a unui om care se află în natură, nu separat de ea. În opinia lui Bohr, observatorul este, într-o mare măsură, parte a experimentului.

Acest concept, din partea iclparb observatorului, a fost șocant pentru fizicieni, deoarece pune sub semnul întrebării chiar modul în care se făcea dintotdeauna cercetarea științifică și conceptul fundamental al obiectivității! științifice. Și

ENIGMEU ANTICE

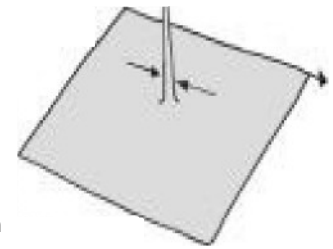
filosofii au npostat. Natura nu mal era mecanică și previzibilă, ci. în profunzime, ora imposibil de cunoscut. Ce însemna acest Luau pentru conceptul elementar de adevăr, ca să

INTERPRETAREA COPENHAGA



nu mai vorbim despre ideile simple, cum ar fi trecutul și viitorul lui Einstein, Schrodinger și alții le-a fost greu să renunțe la convingerile lor ferme despre un univers exterior, determinist. EL verificabil Einstein considera că, intuitiv poate fi descrisă doar cu ajutorul statisticii, teoria mecanicii cuantice este în cel mai bun caz incompletă.

Întrebările inițiale pot fi fiind că observăm particulele subatomice fiind undele fie ca o entitate, fie ca o altă, ce anume hotărăște cum se manifestă acestea? De ce hîmna care trece prin două fante interferează ca undele într-o lună. dar trece la comportamentul de particulă marți, când încercăm să captăm fiecare din ele trecând printr-un singur dm fante? După părerea lui Bohr și a susținătorilor interpretării Copenhaga, lumina există în ambele stări simultan, ca undă și ca particulă, la una sau alta din forme atunci când este măsurată. Prin urmare, ajungem în avans cum se va manifesta, atunci când decidem cum vrem să o măsurăm.



La acest moment al deciziei când stabilim caracterul de particulă sau de undă, spunem că înțelegem undele să se prăbușească, teste probabilitățile pentru rezultatele care sunt conținute în funcția undei a lui Schrödinger se prăbușesc. astfel încât toate rezultatele, cu excepția celui pe care îl obținem, se pierd. Prin urmare, potrivit lui Bohr, funcția inițială a undei pentru un fascicul de lumină conține toate posibilitățile, fie că lumina apare sub formă de undă sau de particulă. Când măsurăm lumina, apare sub o anumită formă nu pentru că se transformă dintr-un tip de substanță în altul pentru că există sub ambele forme, în același timp. Merele și portocalele cuantice nu sunt nici una, nici altă, ciuri hibrid.

**CINE NU
ESTE ȘOCAT DE
TEORIA
CUANTICĂ NU A
ÎNȚELES-O.**

Firidintea au dificultăți în a înțelege intuitiv ce înseamnă mecanica cuantică și, după Bohr, și alții au oferit noi modalități de a o interpreta. Bohr a afirmat că trebuie să ne întoarcem la planșa de proiectare pentru a înțelege lumea cuantică și că nu putem forța concepte care ne sunt familiare din viața cotidiană. Lumea cuantică este altceva, este ciudată și nefamiliară. iar noi trebuie să

acceptam acest lucru.

Idee de bază tu alegi.

2

Pisicaiui

Pisica lui SciiFcdingei este și vie, și moartă, în același timp. În acest experiment imaginat, o pisică dînk-o cutie pdsce Să fie amorâtă sau nu de o capiulă cu otravă, în funcție de im factor declanșator întâmplător, Enviu Schriidinger a folosii această metaforă pentru a arăta cât de ridicolă cunsidcra el interpretarea Copenhaga a teoriei cuantice, care susținea că, penă când de rondăm anini nu este văzut cu adevărat, pisica ar fi într-o stare mixtă, și vie, și marii

În interpretarea Copenhaga A teoriei cuantice, «stemele cuantice edtU ca un aor de probabilități, până rînd un observator apasă pe buton fi alege un rezultat pentru experimentul său. tnainte di a fi observat, sistemul eonțiiu toate posibilitățile. Lumina este și particulă, și unda, până când decidem ce aspect al al dorim să măsurăm - atunci adoptă respectiva formă.

În timp ce un nor de probabilități pare un concept plauzibil pentru ceva abstract, cum ai fi un foton sau a unda de luitună, ce ai putea și însemne pentru ceva mm mare. de care am putea 1A fim moștlenți? Care este, de fapt, natura acestui jitiEsiEC cuantici în 1335, Erwitt ichrddLnjjeT a publicat un articol conținând un experiment ipotetic, pnn rare Încerca să ilustreze acest comportament cu un exemplu mai colorat ?] mai familiar decât particulele subatomlcc Sctuodingcr era extrem de critic față de viziunea Copenhaga potrivit căreia acțiunea do observare influențează comportamentul sistemului observat. EL voia sâ demonstreze cât de absurdă era interpretarea Copenhaga

1927 d.Hr.

193

Inter piei jFEJ Copipl'jg.i j mecanicii
cuantice
ScbrcdingEr pro pure Experimentul cu p'iica

Lujnticj.

Incertitudine CUAntică Schrödinger ți-ai imaginat situația descrisă în continuare, situație ipotetică. Nici un animal nu a avut de suferit

O pisică este închisă într-o cutie blindată, împreună cu un dispozitiv diabolic care trebuie securizat împotriva interferenței directe cu pisica: într-un contur găsește o cantitate extrem de mică de substanță radioactivă atât de puțină încât este posibilă ca una dintre atomi să se descompună în cursul unei ore. Dacă, de asemenea, cu aceeași probabilitate, nici un atom nu se va descompune; dacă unul se descompune, tubul contaminat se descarcă, descărcându-se. Dintr-un ciocan care sparge un flacon mic cu acid cianhidric. Dacă sistemul este lăsat în pace timp de o oră, se poate spune că pisica încă trăiește dacă niciun atom nu s-a descompus, în caz de descompunere, pisica va muri.



În urmărire, există o probabilitate de 50 la sută ca pisica să fie în viață (să sperăm) sau moartă atunci când deschidem cutia după o oră. Schrödinger a argumentat că, urmând logica Interpretării Copenhaga, ai trebui să ne gândim la pisică existând într-un amestec de stări, fiind atât moartă, cât și vie, în același timp, când cutia este închisă. La fel cum imaginea de undă sau de particulă a unui electron este fixată doar în momentul detectării, viitorul pisicii este determinat doar atunci când alegem să deschidem cutia și să o privim. Când deschidem cutia, facem observația și rezultatul este stabilit.

Desigur, susținea Schrödinger, aceste afirmații sunt ridicole, mai ales când este vorba despre un animal real, ca pisica. Din experiența noastră de zi cu zi știm că pisica trebuie să fie ori vie, ori moartă, nu un amestec al ambelor stări, și este o nebunie să ne imaginăm că este într-un fel de stare mixtă, doar pentru că nu ne uităm la ea. Dacă pisica trăiește, tot ce ni s-a amintit ar fi că a stat în cutie fiind plină de viață, nu un nor de probabilități sau o funcție de undă.

1957

Fie că vi se pare că poate fi în două locuri.

EN IGMEU ANTICE

Printre alții, Eitem a fost de acord cu Schrdingei că Imaginea descrisă de Interpretarea Copenhagaei a absurdă, imptend, ei au pus întrebări suplimentare. & animal, putea pisica să re observe pe sine și să își supprime astfel funcția de undă? De ce este nevoie ca și fii observator? Observatorul trebuie să fie o ființa conștientă, ca un unt, sau poate să fie orice animal? Oara bacterie?

Mergând mai departe» irt-am putea întreba dacă există ceva în lume independent de observația noastră. Dacă facem abstracție dc pisica din cutie \$1 ne gânduri doar la particula radioactivă care se descompune, aceasta s-a descompus sau nu dacă am ținut cutia închisă ? Sau este într-o stare mixtă cuantică până când deschidem cutia, așa. cum presupune interpretarea Copenhaga? Poate că întreaga lume este într-o stare mixtă fi rumie nu este definitivat piua nu il observăm, făcând ca funcția de undă să dispară când începem să observăm uxl iucru. Locul vostru de muncă « dezintegrează când sunteți departe de el la sfârșit de săptămână sau este protejat de privirile trecătorilor? Dacă nu se uită nimeni la ea, care voastră de vacanță din pădure încetează să existe în realitate? iau așteaptă într-un amestec de stân, ca o suprapunere a situației de a fi arsă, de a fi fost inundată. Invadată de furnici sau de urși ori stă acolo pana când vi întoarceți Ja ea? Pisările ți veverițele pot fi considerate observatori? Oricât de ciudat ar suna, în acest mod explică interpretarea Copenhaga a lui Hohr lumea la scară atomică.

Erwin Schrddinger 1837-1961

F JICIHTIIL ouîțziK Fr^hîn Erz^hrndngtr4 iiludcil i-
iB:nr. c::i /unnrtjiiii și n inrErc::il. [fflri i; i irr-nț
iinp-ruj'-Ji Cu Eirrtctft ■* un'ini: g-nuiLiția și
nLtnncB □uunLtzd j-.tr-u tryjr.e _icl El -j [i-
TiFcrl¹. nl.i -pTt.țiiir fwam niupr.T :r;Hr-.'ir r r*țfl
.■ ic în vil.-■Tundí MFL l. ;.
cana rn l n .Tili.'i în czr' -l r.. «Jți Fi/ininr, în
KtMKVntț SctTUdinptř a ftiiț [■::iir::r dn pur
gr —r..inii, rin-! n hut.i-jl. r-S i.'ud :./r iucn
l.r?:. i-L:.. . i „nivurfiLnij înmii; pr Fmni.ij
iLra'i.~în în Rrirnul FlftihOi Mi în:: T . Schmd
■ ■ ■ j-'ii' fi n l. ni jql. ș;:mțifF:fl cin ,n dstflnți și
chiar r. ciulili::Tt lui rîf- R'»en ijpc i ncndCT.:
r.-:hr>.-inL|rlr n puhlin.Tt «irunțio ~.niiei iir
l'ilrb și n pr -niL P-Tin'liil 'Tihil pantre. i :i

în 1933. înpr.-fi cu Enu. Schmriingr-r ■i D
nutpt P[K la Berlin, pnntu a conduce wibr .il
dn::artnrir—t. n hr IVait Pl;i"::lc. rl.'jr, i'ind
■'lit n venit la nutr:n: ■ 1937 i; il hrtjúl. r
1 : :!; ■ ::i¹ i lin 'jarma¹- a n urm l. gr:il. i:ii iIH
nLn:: cascft nndrvji și .T :;:c:r~L un i.unp :!
DkFjtrí, Rîncr'un rii Grar p-cl mnxnni.T
Austr : :i Sr.'TrnniB 1S3B. i F..gi* d -roj. l ■ ^!
lun■t^ .." :>:: ;L m.it pînnl.¹.. r în ix ..l
lmtiLijtpc~l.nl 3'um AfeursaLi dir FJ::.. -i, Ir-
T-'rin. urda ii rlimHS f:ñn;_ i:únci fi rauijn t l:i
V Viața parntjrtf- .l n l.ii Echix:dingc-n fed; În
■':■ d;: rnrph- t.l 'a y ;:u,T pT^mpr. il,*| A
,Tj1;L ctip. i.. i-.v n'.Ji.i-" ni; , i lini ■ a cara ..ni i
a hjt:u l. un l. -ip îh-pnlurji r.; r și cu ■nnț.m lu
la QxFnrđ

PISICĂ & CHRÖDINGER

Msii multe luni Problema sîcsofka a modului în care observațiile determină rezultatele a dus la o altă variantă de interpretare a teoriei cuantice - ipoteza multor universuri. Propusă în 1957 de Hugh Everett vizibilitate alternativă evită îndrăgirea funcțiilor de undă neobservate, spunând, în esență, că există un număr infinit de universuri paralele. De fiecare dată când se face o observație și se înregistrează un anumit rezultat, un univers se desprinde. Fiecare univers este exact la fel ca altul, cu excepția celui care a fost observat când s-a schimbat. Așadar probabilitățile sunt toate la fel dar succesiunea evenimentelor ne poartă printr-o serie de universuri care se despart.

Într-o interpretare prin prisma teoriei multor lumi a experimentului cu pisica lui Schrödinger, când se deschide cutia, pisica nu mai este într-o stare în care sînt suprapuse toate situațiile posibile, într-un timp, otrava este eliberată - nu.



Este discutabil dacă acesta este un program față de starea mixtă a funcție; de undă. Putem evita necesitatea existenței unui observator care să ne scoată uneori din starea de nor de probabilități, dar prețul este invocarea unei întregi game de universuri alternative. În care lucrurile sînt puțin diferite într-un univers sînt o vedetă rock, în altul doar un cântăreț pe stradă, într-unui port șosete negre, în altul - gri. Aceasta pare o risipă de universuri bune - și ar exista Indicii ale unor universuri în care oamenii au garderobe în culorile tipătoare. Alte universuri pot fi mai semnificativ diferite - într-unui Ehrich încă în viață în altul John F. Kennedy nu a fost împușcat, în altul Al Gore a fost președinte al Statelor Unite. Această idee a fost adoptată pe scară largă de scenariștii unor filme, cum ar fi Sliding Doors și The End of the World, LTM care Gwyneth Paltrow trăiește în Londra două vieți paralele, una cu succes și alta. nu.

Urda fizicieni de astăzi susțin că raționa meritul lui Schrödinger din experimentul lui metaforic cu pisica nu era valabil. La fel ca în cazul teoriei bazate exclusiv pe unde, el a încercat să aplice ideile cunoscute ale fizicii clasice la lumea cuantică, cînd de fapt, nu trebuie să acceptăm faptul că lumea cuantică este stranie.

Idee de bază mort sau viu?

zi ParadoxifiPR

Mecanica cuantică sugerează că informația poate fi transmisă instantaneu între sisteme, oricât de departe unele de altele ar fi acestea. O astfel de legătura implică încrengături vaste de interconectivitate între particulele din univers. Einstein, Podolsky și Rosen au considerat că această idee este absurdă și și-au exprimat îndoielile într-un articol «Paradoxul EPR». Experimentele arată că ideea încrengăturii cuantice este adevărată, ceea ce deschide calea spre aplicații în criptografie cuantică, în H și chiar în teleportare.

Albert Einstein nu a acceptat niciodată înțelesul Copenhaga a mecanicii cuantice, care susține că sistemele cuantice există într-un amestec de probabilități pînă când sunt observate, când adoptă starea finală. Înainte de a fi filtrat prin observație, sistemul există într-o combinație a tuturor stărilor posibile. Einstein nu era mulțumit cu această imagine, argumentând că un astfel de amestec ar fi nerealist.

**EU, ÎN ORICE CAI SUNT
CONVINS CĂ EU
{DUMNEZEU} NU
ARUNCA CU ZARUL**

Alfred Einstein 19 Jă

Particule **paradoxale** în H, Einstein, Bohm și Podolsky
fi. Nașterea în Kiseri și-au exprimat obiecțiile sub forma unui
paradox, care a devenit cunoscut ca paradoxul Einstein-Podolsky-Rosen, cunoscut
ca EPR. Imaginează-vă o particulă care se
descompune în două particule mai mici. Dacă particula-mamă
nu este staționară,

particulele-fiice trebuie să aibă un moment cinetic liniar și unghiular egal și
opus. astfel încât suma să fie zero (Întrucât momentul cinetic se conservă).
Așadar, particulele rezultate trebuie să se îndepărteze una de cealaltă și să
se rotească în direcții opuse. Aici proprietățile cuantice ale perechii de particule
sunt legate în mod similar. Odată emise, dacă am măsura direcția de rotație
a uneia din particule,

1935

EstefOrmu Jtj
Ififter pqtjiiBb
Caneftana

Einstein. Podolsky
et al. fr ip publicată

Teleportareii

Tjltpgrtwi i fp?t dr!;rni: 1 c<! rr.-Jtn pri În l
Ternii ir,i SI- înr^puton " Txihncingc;
rxzrrLinKzrjtšln". ::ijri ni Fi tekvjraFi. <■ irznIU n
X'X .în.nii rliin În irlnii.i ci 7 ■ ill.r nFcmnt. i
rliicAt. mpuilpur n nlrrl.nr.i: -ir putm> 'i Tra-^
nți pț rIRhtyitr mgn în gm ;S70 ți 1930. n
irKBpLt i;â !;■.! seni' ;ir;rm tEteportnrr ■■ c/irl,
cijTi nrhr ii:ii: ui/i-th...rCnnnrOiwu:. f ■! ccivnr t
p mşrrj Tp nnv--r.inlr> \$= ir. hfc?tg !..
■.It'h'Tji! L Tigi .ni--->li 'ii' ■■ i'.fl în Fi..i"
ii"şi-"! ■.■ergnzil un ceoretStcrse beietK^tswi,
di" ir-^rr.î.î'f! r::>-f:iiif... -iUi ;n :r .-tUhza; .1
fjiilR ne: Lui" m.işt.:! l.mnnfcmS'cu lini." n dinții
to":niLiz.l. |>nrt cIT-, pprtigl riiinii

" jll!::r!i-lxiri:-: 1 clc<i:-i'. n [iKx]n-i cdiilil cu
ăsfiaflul de taieviriur^ 5 7re< care Fr« rsp^tu
Bilcbm mplirji „LdEportiMzh - urf, S::nl.!. n'
M;itinn o■■■ L jlrzxirl.:r. clr; : ni: ,zi nnt.iinicr;!
deKwnpynij ptMtjgerd ir.rini CU gttjm şifi
rtgggmbllwzi Fflrfțft În wgțg FEDIB. sb
pnre'.k^rt zi 'r rprin/min cSLii mri:flilibi a n
i"ii;/i fir ii::iiii.. ni 3rt iirlim n .. ■jlii5r".:y!rj
Dr'ji ■■'ii.r ;nn:>'iil'-: nil im tranamM eterni
mcranoMuna euanbea [>i'T"itr LTiiiiFT •.r'Tin pi
„ itnrțr? Ij-gi n infnnTzițr?. rlnr pânl izun 'ii:i
iitzi n fimctipnpt iksir ppritru portipulc rml. rm
d: riTD

ani ți jnieii.it ^1 că p±rticuli cealaită se rotește în sens opus - chiar dacă a trecut un
intervaf de timp senuuficattv de la eliberarea]or acestea s-BU îndepărtat niult una de
ccalaHtl Este s ;i rum M-am uita la unul din dd gemeni identici fi i-am observa culoarea
ochitor, fecâ sunt VETAMI ții imediat ci geamănul oclilalt arc jJ clocim verzi.

Pentru a explica acest lucru cu ajutorul interpretării Copenhaga, am spune că, înainte de
oniie măsurătoare, ambele particule (sau amtni gemeni) există inti-o suprapunere a
ambelor stan posibile. F'unctule de undă ale particulelor închideau informații despre ele
rotmdu-sc în ambele direcții: gemenii aveau un amestec din toate culorile deochi
posibile. Când facem măsurători asupra unui membru al perechii, funcțiile de 'Jida pentru
amândoi se prăbușesc în același timp.

Einilem, Fodolsky ;i Intra au susținut că această idee nu area nici un sens. Oum putea fi
afectată instantaneu o particula care putea fi foarte departe de perechea sa?

Î964

Johri **3El** l dt'Juit inegalități
Intre Tjh'JitE lcx.Jj.

1901-1982

St dEiTiimtrsjii <. j
inEgal'ljtile u flfil^unt
:ncilr atn, fj p! ca tt ani mi ■feti picrEngiturli.

1993

Aiiții oi^MU surt
drnumi'l i qubiți.

tuistatn demonstrase deja d viteza luminii era limita de viteză universală;
nimic nu putea să meargă mar repede Cum era fenomenul observării primei

ENIGMELE ANTICE

pa a comunicat celei de-a doua⁷ Faptul că o măsurătoare într-o parte a universului putea să afectare „simultan” materia din partea apusă însemna 4 mecanica cuantică era rrntiată.

ilicrengălura în aceeațt lucrare în care a descris paiadrțofl pisicii, SehrodJnger a folosit cuvântul „încrengătură” pentru a descrie această ciudată acțiune ia distanță.

După părerea lut Bohr, era inevitabil ca universul să fie legat la nivel cuantic. Dar Hinsteui prefera să creadă într-o „realitate locala”, în caic cunopiințle despice lume pe plan local erau certitudini La ici cum st presupune că gemenii st nasc cu aceeațl culoare a ochilor și nu sunt într-o stare mixtă, cu ochi multicolor.până când ii observăm, Finstein a presupus că o pereche de particule a fost emisă într-o parte sau arta, direcție care a fost stabilită de atunci înainte; nu era nevoie de comunicare Ia distanță, iar observatorul nu avea nici un rol. Einstein a presupus că unele variabile ascunse, denumite acum Jnegalitățile hu Beli⁸, voi fi descoperite și se va dovedi că el avea dreptate, dar nu a fost descoperită nici o dovadă pentru a-i susține idcca.

Jdeea lui tinstein privind lealitatea locală s-a dovedit a fi falsă. Experimentele au demonstrat chiar că încrengătura este adevărată, până și în carul în care suni mai mull dc două particule și pentru particule ingem ădate care sunt separate de mulți kilometri.

ÎntirffliHifi CLia n tica Ideea încrengăturii cuantice a apărut, inițial, cîl. o dezbatere filosofică, dor acum permite codificarea și transmiterea informației în moduri dl fente de tot ceea ce eta posibil înainte, în computerele obișnuite, Informația este codificată sub formă de biți cu valon fixe tn codul binar, în codificarea cuantică, două sau mai multe stări cuantice sunt folosite, dat sistemul poate exista, de asemenea, într-un amestec al acestor stăn.În 1993, a fost lansat termenul ^{ublt}¹, ca o prescurtare de la ȳinan turn bit (bit cuantic) [amestecul cuantic de valon ale biților], Iar computere cuantice sunt proiectate acum pe baza acestor principii.

Stările înlănțuite oferă noi legătun dc comunicație între qubiți Dacă arc loc o măsurătoare, atunci aceasta dă startul unei cascade dc viitoare comunicații cuantice între elementele sistemului. Măsurătoarea unul element determină

valorile tuturor celorlalte! clemente; astfel de efecte sunt utile în criptografia cuantică și chiar în teleportarea cuantică.

În determinarea mecanicii cuantice exclude, de fapt, teleportarea așa cum este descrisă în povestiri sau în filme SF. Nu puteam obține informația completă din cauza principiului incertitudinii. Prin urmare, teleportarea unui om sau chiar a unei muște este imposibilă. În versiune cuantică, însă, este posibilă prin manipularea sistemelor înlănțuite. Dacă doi oameni numiți de fizicieni Alice și Bob, au în comun o pereche de fotoni îngemănați. Alice poate face măsurători ale fotonului și astfel încât să transfere întreaga informație inițială fotonului gemă al lui Bob. Fotonul lui Bob devine identic cu fotonul inițial al lui Alice, deși este o reproducere. Dacă aceasta este sau nu o teleportare adevărată, este o întrebare bună. Nici fotonii, nici informația nu merg nicăieri, astfel încât Alice și Bob pot fi în părți opuse ale universului și să continue, totuși să își transforme fotonii îngemănați.

Criptografia cuantică se bazează pe folosirea încrângăturii cuantice ca o cheie de criptare. Emițătorul și receptorul trebuie să dețină fiecare componentele unui sistem înlănțuit. Un mesaj poate fi mângălit la întâmplare și unicul cod pentru decriptarea lui este trimis receptorului, prin încrengăturile legăturilor cuantice. Avantajul «ta că, dacă mesajul este interceptat, orice măsurătoare distruge mesajul (modificându-i starea cuantică), astfel încât poate fi utilizat doar o dată și poate fi dăt doar de cineva care știe exact ce măsurători cuantice trebuie făcute pentru a descifra mesajul cu ajutorul cheii de decriptare.

Încrângătura cuantici ne spune că este greșit să presupunem că întreaga noastră lume există independent, într-o singură formă, indiferent de modul în care o observăm. Nu există obiecte fixate în spațiu, ci doar informație. Etime doar să adunăm informații și să le ordonăm așa cum considerăm că este potrivit. Universul este o marcă de informații.

**SE PARE CA PANA ȘI
DUMNEZEU ESTE
CONSTRÂNS DE
PRINCIPIUL
INCERTITUDINII ȘI CA NU
POATE ȘTI ȘI POZIȚIA, SI
VITEZA UNEI PARTICULE
JOACA. OECI, DUMNEZEU
ZARURI CU UNIVERSUL?
TOATE DOVEZILE ÎL
ARATĂ CARINO UN
JUCĂTOR ÎNVETERAT,
CARE ARUNCA ZARUL CU
ORICE OCAZIE POSIBILĂ.**

Idee de bază mesagerie instantanee

3 Principiu excluziunal lui Pauli

Principiul de mluziue al lui Pauli explici de ce materia este rigidă și Impermeabila - de ce nu ne sruind&m în podea și mane noastră nu trece prin iMSi. Explică, de asemenea, existența stelelor neulromce și a piticelor albe. Regulile lui Wolfgang Panii se aplică pentru electroni, protoni și neutroni, prin urmare, aledeszi întreaga milerie. Principiul afirmi ea nici una dintre aceste particule nu poale avea același set de numere cuantice simultan.

C c anume dă materiei rigiditate? Atomii Furit. în cea mai mare parte, ipațhi liber, prin urmare, de ce nu putem să ii strângem ca pe un burete sau să trecem mate riale le unele prin altele. La feî cum radem brânza prin răzătoare ? întrebarea de ce materia ocupă spațiul este una dintre cele mat profunde întrebări ale fizicii. Nu putem cădea în centrul Pământului și nu putem să ne scufundăm în podele, rar clădirile nu m prăbușesc sub greutatea lm.

;-U sunt în fel Prmdprul **de** excluziune, elaborat de Woltgar.g Pauli în 1925. explică de ce atomii normali nu pot coexiste în același Inc din spațru. După cum **a** arătat radii. comportamentul cuantic **al** atomilor și **al** particulelor înseamnă că acestea trebuie să respecte anumite reguli care le împiedică să aibă aceeași funcție dc undă sau. echivalent, aceleași proprietăți cuantice. Pauli fi-a gândit principiul pentru a încerca să explice comportamentul electronilor în atomi. Se știe că electronii preferă anumite stân de energie sau stratun. în jurul nudcului. Dar electronii sunt **impiăștiați** în aceste stratun și nu se adună niciodată toți

Pauli 'Drinulesrj ptjncisiul
di.' e:-.ci j "i'jrid

E&tt deicope' I nrilrcndl
ți este piej-sj existența
tteltînr neLbaniLe.

PRINCIPIUL EXCLUZIEI PAULI

În stratul de energie aflat cel mai jos. El însă populează straturile după regulile descoperite de Pauli.

La fel cum fizica newtoniană se bazează pe conceptele de forță, moment cinetic și energie, mecanica cuantică are propriul set de parametri. Spinul cuantic este analog momentului cinetic unghiular. De exemplu, dar este cuantificat și ia doar anumite valori. Potrivit ecuației lui Schrödinger, este nevoie de patru numere cuantice pentru a descrie orice particulă - trei coordonate spațiale și al patrulea număr, spinul. Regulile lui Pauli afirmă că oricare doi electroni dintr-un atom nu pot avea aceleași patru numere cuantice. Doi electroni nu pot fi niciodată în același loc, cu aceleași proprietăți, în același timp. Așadar pe măsură ce numărul de electroni dintr-un atom crește, pe măsură ce atomul devine mai greu, de exemplu, electronii umplu spațiile carele sunt alocate și trec treptat în straturi din ce în ce mai înalte. Este ca și cum săi umple locurile dintr-o sală mică de teatru, pornind de la scenă în sus.

Fermioni Regulile lui Pauli se aplică tuturor electronilor și altor particule al căror spin cuantic este multiplu de 0,5 al unității de bază, inclusiv protonilor și neutronilor. Astfel de particule sunt numite „fermioni”, după fizicianul italian Enrico Fermi. Termionii au funcții de undă asimetrice, care trec de la pozitiv la negativ, după cum arată ecuația lui Schrödinger. Spinul are și o direcție, așa că fermionii se pot afla unul lângă altul dacă au spinuri opuse. Doi electroni pot ocupa amândoi cel mai jos strat de energie al unui atom, dar numai dacă au spinuri **opuse**.

Deoarece unitățile de construcție de bază ale materiei, electronii, protonii și neutronii, sunt toate fermioni, principiul de excludere al lui Pauli dictează comportamentul atomilor. Întrucât nici una dintre aceste particule nu poate să își împartă cu alta starea de energie cuantică, atomii sunt rigizi. Electronii distribuți în **mai** multe straturi **de** energie nu pot fi returnați în stratul cel mai apropiat **de**

Eite demțer t p¹ inul pi.kar, un lipdr "jle. i iirL trcrl". ă.

ENIGMEU ANTICE

Wolfing Pauli 1900-1959

WnlfGnng Pn.. nsLn ŷunoscut mni ,i rs pentru
Dnntip rki r xr lijiilinc! f penŷru Siigeniai :
aNŷttqrrŷpi niul.r:n:lji Rfcili t 'nnl. nn i;1..jrlr?r
l. pnjCQC? ŷ" Awtriii, ::am r ten ■..cr.Iriu! lui
Fin&tu fiŷi ucrl.i diiip-T! i"! .nt.vitatc l Iciini rbt
r. cii'inr s pt: Pnuh ca pe n pnrA~B da nonptŷ
c.m lucrŷ în n.ifi ^r'i? ^i 'iTcin mergeri n
cursurile dr dirfinup^i F.iuh n tnjcu". prin
riul'.c problmn ni rsc-nki. ':: -i-niv sinu::di::"i
r:nii"i lui. rr i i_ dineil, :lr ir url.fl r-nl.rt fi ci
[irnliicimă cu alcoolul Cftulfrid ujjl.DT

n ucrn ui ::?r.li'i'„iŷ. l :i p .htilng.i t-bciŷn- Cn'
Juliig. cnrr □ jnrriji.r.l.rth m cin nln .. Pal.ii L'iaŷn
h.i ci n?vii!'ih ii ntim n; cflr.; s a r*f dfafitni'jt,
dar npc< n lhpaput q| Goilaa nă/bui Mond a
Dm State t Unite, n ..cr.i: pcn-.ni □ rr.i nr 7 r
t:t:r: rl.-'yi.i fl..în^irii:ft ciumpci/ind S ihtjGrT-
io Z.-ncih dupn !^.'hm f n primit Prut.iu Nc::a!
fri 194! ! - ulrin- ll cin o, vigŷH, i rns?
prnnr.upah Hi- iipnctcln n.i- FlnsOficc ai ■
rncirnnioi i::_nfi ele: pan^tlltle a zcsl.i a st
piiicicg-ci

nudeu; da fapt ei se opun, ccmprimăru cu mue presiune Pnn urmare,
dai femuDnl nu pat atu în aceLeŷl fotoliu]a teatru.

Atiact 16 Cu :ini i Cfi Stelele neutroni« ŷi piticele albe iŷi datorează existenŷa principiului
de excluziune al lui Pauli. Când o stea ajunge la sfârŷitul vicfu tale ŷi nu
mai poate arde corr-buFtibil, jmplodcază Propria gravitaŷii uriaŷă atrage
spre interior toate straturile de gaz. Când se prăbuŷeŷte, o parte din gaz
poate ii expulzat (ca în explozia unei supernovei, dar cenuŷa rămasă se
corirtartăŷiiTiaL mult. Când atomii sunt striviŷi laolaltă, electronii încearcă
să ae opună compactării Electronii ocupă straturile de energie aflate ce!
mai Jos posibil fără »4 se încălce principiul lui Pauli împingând steaua în
sus datorită doar acestei „presiuni de degenerare". Stelele pitice albe au
aproximativ acceaŷl masă cu Soarele, înghesuită într-o wnă cu un
diametru similar cu cri al HmântdUl Sunt zŷfrt de dense-, încât o bucată
cât urt Cub de zahăr din materia unei pitice albe poate cântări o tonă.



Parnarf



FHkSi±JA

«

S'saroLiraiiic

△

În cazul stelelor cu autogravitaŷie mal mare, în special al stelelor cu o
masă de peste 1,4 on mal mare decât a Soarelui (denumită limita de
masă Chajidraskhat), compactarea nu se opreŷte aici Intr-un al doilea
proces, protonii ŷi electronii pot fuziona formând neutroni, astfel încât
steaua gigant se reduce lac minge strânsă de neutroni.

PRINCIPIUL DE EXCLUZIE AL lui PAULI

Ca și în cazul anterior, întrucât neutronii sunt fermioni, ei nu pot avea toți aceeași stare cuantică. Presiunea de degenerare este și acum cea care menține steaua, dar aceasta este limitată la o rază de doar aproximativ zece kilometri. Întreaga masă a Soarelui este a mai multor stele ca Soarele fiind îngheșuită într-o zonă de lungimea Manhattanului. Stelele neutronice sunt atât de dense încât o bucată de materie cât un cub de zahăr ar cântări peste o sută de milioane de tone. Săca gravitația este și mai mare, ca în cazul celor mai mari stele, compactarea generează o gaură neagră.

Deși Regulile lui Pauli se aplică doar fermionilor. Particulele pentru care valoarea spinului este un multiplu întreg al unității de bază și care au funcții de undă simetrice sunt denumite „bosoni”, după fizicianul indian Satyendra Nath Bose. Poisson include particule asociate cu forțe fundamentale, cum ar fi fotonii, și unele mtebeș simetrice, cum este cel al heliului (care conține doi protoni și doi neutroni). Orice număr de bosoni poate ocupa aceeași stare cuantică, iar acest lucru poate duce la comportament coordonat de grup. Un exemplu este laserul în care mai mulți fotoni ai unei singure culori acționează toți împreună.

Inițial o extensie a imaginii atomului lui Bohr, principiul de excluziune al lui Pauli a precedat cu puțin principalul progres al teoriei cuantice, susținut de Heisenberg și Schrodinger. Dar este fundamental pentru studiul Lumii atomice și, spre deosebire de mare parte din mecanica cuantică, are consecințe palpabile.

**ÎNTREBAREA DE CE
ELECTRONII UNUI ATOM
ÎN STAREA SA DE BAZĂ
NU SUNT TOȚI PRINȘI ÎN
STRATUL INFERIOR
FOST EVIOENȚIA ÎN DEJA DE
BOUR CA FIIND
PROBLEMA
FUNDAMENTALĂ.. NICI O
EXPLICAȚIE A ACESTUI
FENOMEN NU POATE FI
DATA PE BAZA MECANICII
CLASICE**

Idee de bază este ocupat locul acesta?

Superconductivitatea

La temperaturi foarte scăzute, unele metale și aliaje conduc electricitatea fără nici o rezistență. Curentul poate curge prin acești superconductori timp de miliarde de ani fără să piardă energie. Deoarece electronii se cuplează și circulă totuși udată, evitând coliziunile care generează rezistența electrică, particulele se apropie de 0 Stere de perpetuitate mobile.

Când mercurul este răcit până la câteu? gTH.de peste zero absolut, conduce electricitate fără nia a rezistență. Acest fapt a fost descoperit în 1911, de către fizicianul olandez J-faike Giir.cs, când a scăpat mercur în heliu. La temperatura de 4,2 grade K-eh/Ui [peste zero absolut). ?ată nia o rezistență la curentul electric, a fost descoperit primul material superconductor. La scurt timp după aceea, un comportament similar a fost observat în cazul altor metale reci, inclusiv plumb și: compuși ca mercur și niobiu. Rezistența dispărea în totalitate sub o temperatură critică, care varia în funcție de material.

Perpetuitate mobile O consecință a rezistenței zero este aceea că un flux de curent care curge printr-un superconductor poate curge la nesfârșit, în labant, curentul a fost menținut mulți ani, iar fizicienii estimează că un astfel de flux ar dura miliarde de ani, până să piardă energie. Acest fenomen este cel mai apropiat de un perpetuum mobile pe care savanții l-au descoperit până acum.

Gândire din grup Fizicienii s-au întrebat cum un astfel de tranzit important poate să apară la temperaturi scăzute. Temperatura critică sugera o tranziție rapidă de fază, așa că fizicienii au cercetat comportamentul cuantic al electronilor dintr-un metal. Mecanica cuantică a oferit câteva indicii și LUAI multe idei au fost formulate

3GIE

1911 d.Hr. 1925

Onr/is dssqiptri Eite prelili
lupeiEcqiddCtltvfartci, ci^irntș und:nuieID!
BASF FliT.tEin.

1933 anii 1940

ci Fupeitgndutfcirli
re «ring cd-inpu ■
NE magnetice.

Sunt HKDpenți
LOTIpUtl
iițwitMid netot
.

Superflui de

Ekipnrr-.urli::unt fidelei cnrc -.....

4KWÎW*. 5SW tacit nnr. cprgg p-rr r un ih l; i nt-
Tii-fl 'ri -.ir Supprfhpditftw Wt? cmir-uti din gnij J93Q. 1.1
eiSfflDu aatsrwkjl -^SlipSITfc II [mi3M nLcznicfi
< dnij da ni-:tx:n :d:: nmjtrn'i și dree aloctrfiții}
Atomi cie heliu -4 Bune rxiaorr. sliiituitj din pr-
„■:r-i :1" Fgr7nk7T;i

Supgrf'jidil» W țqrrpnrl.ft Fn.irt.n r.urint rfriiH
«unt puso fritr un rațipiant BLH pot i ..■ljl' --tr
un r;l'ii'. :r: gir^înnn un. nLnm ' ■ r u; p: mn"-
irir : ■—<:ij| intuL " i '■ □ ' :'.an6 rln::fi flttf
inLnjdus IF tur cupilgr

i im risw -niir l. dcinorrnci.ipnrfi:. <: .1 -u

p:>:-.ii l.-.i ..■> g"iriir ■■: du Imp ■
[m condijGtbitaitp te*™ efi rnfiniitW, i&r
r.Ildurn |T7A zii .i-ird aî.!:l'nhn'! ele prcsjjne
PncUfflpen nți 'ifi rhnt □ gSlțuT-ii Cj BUtBPT ud
lvMt £■ 4j. » iitfrnpIS c&.fl L udaL Deuanice nu
exista vîSEUî 'aLt *1L 'Jjl r...: rcr-pr iru'dm: ;E
FErtziasc.'i, r Iriți l. dud rut țî gii nnla mpi nq
udr; {jar a| ■ r¹ r pi re- rr l. !. .pniTuirii ii îti:
■■■ tn'Tjic sa ia ruLeascil, iei- viieiB lui asui
pț.inhRrntfi nprcfluidul gn .■ntr/.n tjtjpr Aium'-
d ■.■zliur

În anii 1950. În 1957,fizicieniiugericaniîohn Etarien, LaonCoopa și JohnSduletfei au oferit a
explicație cdjmngâdaTe ți completa a iQperomriurtirtft&ții în irictaie și aliaje simple,
denumită acum trona BCS. Ei au sugerat că supraconductivitatea apare datorită
comportamcnluluii dudat al electronilor, când aceștia surit legați iriperedu.

hnehfle de electroni, numite perechi Conper, interacționeaîă cu wtraui atomilor de metal prin
intermediul vibrațiilor carele leagă Un metal este o rețea dc nuclee încărcate pdiittv deasupra
căreia piutește Uitai a „mare" de electroni. Când metalul este foarte rece, iar icțcaua este
calmă, un electron încărcat negativ, în trecere, trage pufin de punctele pozitive ale rețelei și
te scoate în afară, formând un fet de buriL Un alt electron care se nușcă în apropiere pute fi
atras de această legiune cu o încărcătură pozitivă puțin mai mare, Lar cel doi electroni se
cuplează. Cel dt-al doilea il urmează pe piinml. Aceri fenomen se produce cu elecțiunii din
înticg metalul numereasc perechi sincronizate do electroni se unesc într-o mișcare cade val.

1957

Lits FOfITL IU teoria BC.S a
kLpr'CDfduLtivilăti:.

1985

Șunt citați
iu pe'CDrdijLtDi i l)
Eiri'.ttin.
lenpErnl jr. în a H u.

1995

Sunt ptpdiifîn tabcralar
condefiOfe BDLU-

ENIGMEU ANTICE

Condensate Bose-Einstein

Li tmnpcratyri ulf. ! T¹: g-npur ■ fir? bopiii M
ppt r.DTip^rrji fr.irt.r r..d,i7 [n ap-oplires Irir-
croti-'ii .'trc ::::jjnluL. nulți hcsnn jijj: p:>h ,if
■! ir. în :nr,- ■-t.nrr! i.- înnl.i:: 1. t.r- ir: '"ncn
^nrrpartnrrmntul nun'tic v.nhil li iniTli riull
rr>:u fflnre

**Prezisă 'no' Tirit&i de Albert Eifistairt frl 19E5 și bozefl
pi? ideile Fiziciqnlui indian Sii'.'rdnrlrn Noth Bone. Btflste
ett nym'itt MydanBffw au**
Font ț.ty „JUi :n lpluj-țitur rfni i'i țbwjl 1095
?inCnrii' ț [?: ■■ C/-iτîn. [fr¹ , l.-iwin: țj te a
din "nlnriKh (i, puțin mai Ur? ■!. Wc "gr"g
Kptțirrl, dl lg M1T nș nbEiirvnt nkcst
comportament inLr un gaț

di .iLum íe r-Zü'i ği u 170 J '■uie'iJd Rprw
risutr-un kr r.-,r Tn flEC, toți v/in- grupați □:.
nrconț: interii, rlc.ir efo p^nrip'j. mi i'rt 'ulim i
,il n ■ ■ :■ ihrr: -g irC i;:i pjntiprți și
suporfluidg R^nnrulnr h 'ii: le 30 fcnp&'U ttâf
MFltiM uni' Cu
□ ț. !' i nt ■ -în n de-: r■ nil rii<:ind :: ;?■ ■
■ pâ'fi iio::'lci :: ti mparufturf criticii țrL-erti
dr scávii'.i'i. ni ntțin nr tidea -jUT B nr
jrfondirwa^ "' s'Jirea cuantici nu (pergra r ;:-i
Tiy: jnniA. im/iiltin:: n -cn.l funmft Hc: n.'il.i'T
RE!' ■: rir'icnnpun f. : "i ■ i; n^ i pH ejte frici
pred devreme pedtrij ri[iir:tttji l "3cli:-l.ir r e:
rxTt irwătn r'ull.i tii:sp"e miMfiM Cb'diitiL'ă

Un clrctiur, UTILC ticbuie să TBspedz piinapiiil de excluziune al lui Pauli, caie irapledică particulele cu funcții de undă asimetrice (ferm»nl} să împărți aceeași stare cuantică. Prin urmare, atunci când sunt mai mulți electroni în acetap zonă, aceștia trebuie să aibă energii diferite unul de altul A^a se întâmplă, în mod norma], inti-un atom sau intr-un metal. Dar, când electronii formează perechi și w comportă ca C singură particulă, ci nu mai au acest comportament. Funcția de undă a ansamblului de electroni devine sbnetncă A împreună, acețtia nu mai sunt fenruoni, ci, mai degrabă, bosoni ii, ca bosoni, perechile de electroni pot avea aceeași energie minimă Acest Lucru generează seturi de perechi care au, în ansamblu, o energie puțin mai mică decât ar avea electronii liberi din metal. Această diferență de energic este cea care provoacă modificarea rapidă a proprietățtloi Ea temperatura critică.

Când energia calorică a rețelei este mal mică decât această diferență de energie, observăm fluxul constanta] perechilor de electroni cuplat la vibrațiile rețelei, care carartenzează superconductrvitatea. Deoarece undele rețelei dirijează mâncările de-a lungul acesteia la distanțe ntari, nu există rezistență - toate perechile de electroni R mișcă fără să ie lovească una de cealaltă, ivitand orice colidrme cu atonul care stau pa loc din rețea, perechile de electroni acționează ca un superfiuld care poate curge nestingherit. La temperaturi mai ridicate, perechile Cwpcr se despart și își pierd proprietățile de bosoni. EL-mztrorui pot Intra în coliziune cu ionii din rețea, care sunt acum calzi și vibrează, și să genereze rezistență electrică. Tranziția rapidă între stări se

SUPERCONDUCTIVITATEA

produce atunci când electronii trec de la fluxuri coordonate de bosoni la fermioni cu comportament haotic sau invers.

Supercanductarii calzi În anii 1980, tehnologia superconducțiilor a luat avânt, iar în 1986, cercetătorii elvețieni au descoperit o nouă clasă de materiale ceramice care deveneau superconductori la temperaturi destul de calde -așa-numiți! „superconductor la temperaturi ridicate”! În primul compus produs de ei, o combinație de lantan, bariu, cupru și oxigen (cunoscut ca oxid de cupru sau cuprat), căpăta comportamentul de superconductor la 90 de grade Kelvin. Un an mai târziu, alți cercetători au produs un material care devenea superconductor la 125 de grade Kelvin, temperatură mai mare decât la agentul de răcire cel mai utilizat, azotul lichid. În folosirea ceramicilor pe bază de perovskit și cuprați de mercur (cu thallium), temperaturile de superconducție au ajuns acum la aproximativ 140 de grade Kelvin și sunt posibile temperaturi critice și mai mari, la presiune ridicată.

Astfel de ceramici se presupune că ar fi izolatori, prin urmare, acest rezultat a fost neașteptat. Fizicienii încă sunt în căutarea unei teorii care să explice superconductivitatea la temperaturi mari. Elaborarea acestei teorii este un domeniu al fizicii care progresa rapid și care va revoluționa electronica.

La ce sunt folosiți superconductori? Ajută la producerea de electromagnetici puternici, cum sunt cei utilizați pentru scannerele RMN din spitale și pentru acceleratoarele de particule. Cândva, vor putea fi folosiți pentru transformatoare eficiente sau chiar pentru trenuri care rulează pe pernă magnetică. Dar, deoarece acum funcționează la temperaturi extrem de scăzute, utilizarea lor este limitată. Continuă cercetările pentru obținerea de superconductori la temperaturi ridicate, care ar putea fi folosiți în aplicații uimitoare.

Idee de bază rezistența este inutilă.

J

3 Atomului

Alămii ti u ȳuni CE LE mal mici elemente care terme a^â materia, cum se credea odată. U începutul secolului XX, fizicieni ca Ercest RutMnd tu pâtnms în tete norul lor. dezvăluind mal întâi stoluri da etectote și apte un miez larc, &av nucleu, din protoni ȳi neutroni. Ca sa ȳină nucleul tetealti, o fost inventata o nouă forȳa fundamentală - forȳa nucleară lare. începutuse era atomică.

I dcca că mateua «te formată din aglomerări dc atomi minusculi există din vremea Greciei antice. Dar. dacă grecii credeau că damul este cel mai mic component invizibil al materie], fizicienii și-au dat seama că lucrurile nu stau așa ȳi au început să cerceteze structura interioară a atomului însuși.

Modelul budincii CU prune Primul strat abordat a fost cel al electronilor. Electronii au fost eliberaȳi din atomi în 1587, de Ioseph Iohn Thomson, care a transmis curent electric prin gazul conȳinut Intr-un tub de sticlă. În 1904, Tlunwm **a** propui pentru atom „modelul budincu cu prune”, în care electronii încărcaȳi negativ erau răspândiȳi ca prunele sau stafidele într-un aluat spongios încărcat electric pozitiv. Astăzi ar fi mai potrivit să fie numit modelul budincii cu mure. Atomul tui Thomson era, în esenȳă, un nor de sarcină pozitivă conȳinând electroni, care puteau fi eliberaȳi relativ ușor. Atât electronii, cât ȳi sarcinile pozitive se puteau amesteca prin ..budincă”.

Nucleul Nu irnift după aceea, în 1909, Lmest fiutherford s-a mirat de rezultatul unui experiment pc care ii făcuse, în care particule grele alfa erau lansate ptintr-o foiȳă de aur subȳire, atât de subȳire încât cele mai multe particule treceau

3GIE

1887 rt.Hr. 1904

Î909

ThqnKon
dnEpptă e

Tbcmian
propune ricdelij
t jduiLii w pnjnr.

SUPERCONOUCTMTATEA
Rirtherfwd fote
Hcpei ncntLil cu
forța ds oui.

ATOMUURUTHERFORD

inert prin ea. Spre marea miraje a lui Ernest Rutherford 1871-1937, o mică parte dintre particulele ricoșau pe foiță, întorcându-se spre el. Acestea își schimbau inerția cu 180°, ca și cum ar fi lovit un zid de cărămidă. El și-a dat Mama că în interiorul atomilor de aur care formau foița se găsea ceva suficient de tare și de masiv ca să respingă grelele particule alfa.

Rutherford a înțeles că respectivul comportament nu putea fi explicat prin modelul budincii cu prune al lui

Thomson. Dacă un atom ai fi fost doar o pasta în căiesc amestecă partikul încărcate pozitiv și negativ, atunci nădăuna nu ar fi fost suficient de grea ca să trimită înapoi particulele alfa mai man. Așadar, a continuat el raționamentul, atomii de aur trebuie să aibă un miez denumit „nucleu”, după cuvântul în latină, care se referă la miezul de nuci. Aida început domeniul fizicii nucleare, fizica nucleului atomic.

Izotopii Fizicienii știau să calculeze masele diferitelor elemente din tabelul periodic, așadar cunoșteau greutatea relativă ale atomilor. Dar era mai greu de văzut cum erau dispuse sarcinile electrice. Pentru că Rutherford știa doar despre electroni și despre nucleul încărcat pozitiv, el a încercat să echilibreze

sarcinile electrice, presupunând că nucleul era format dintr-un amestec de protoni (particule încărcate pozitiv, descoperite în 1918 prin izolarea nucleelor de hidrogen) și niște electroni care neutralizau parțial sarcina electrică. Electronii rămași se învârt în jurul nucleului pe orbitele cunoscute

Ernest Rutherford 1871-

**A FOST APROAPE LA
FEL DE GREU DE CREZUT
CA ATUNCI CÂND AI
TRAGE UN OBUZ DETUN
PÎNTR-O FOAIE DE
HÂRTIE IAR PROIECTILUL
S-AR ÎNTOARCE SPRE
TINE, SATE LOVEASCĂ,**

EFIHJL ■■ itMcford 19 ■■■

1911

Rutherford
propune modelul

1918

Rutherford
descoperă protonul.

1932

Chadwick
descoperă neutronul

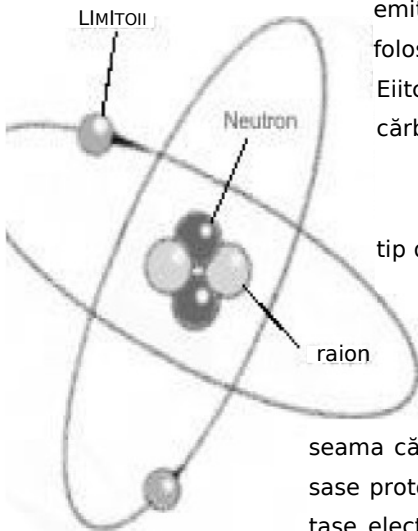
1934

Curie și Joliot
descoperă radioactivitatea artificială.

Suhstonțdi'rn: c.int.vr : r,l. !.r:: î.c?jn tic "Tiriiot;, nunil.ij p lu urm ți gi'-nnn Priinții - ::
 "'n nb"r;l.ni. jir n^clrr gr" : cfl !■ ili.i. r ::rr ■ riin niktfl rin¹ protoni 51 dai rnutrcni 'rgnt
 lno.illâ ?.:":!iriicr n...t guli c pTn "U njung pr 1:7 ;rtr ihr-/!-iS ■, pînnlft unnrg tj ;yin
 țoh.'i...- ț ppt fi pprttii qj ..'junnt,fl, rhijrt* ți p,. n fc^iin dn hi'irl.T f>. dr-^în :jp 2n i
 adiîiț.1¹ t;r;n 'nmn!. din p.nt.culcr::iTi iur.: r .mireni ::■!! TIO>"! ■' ■ :./l rr.n- o 6tn- r -
 cărcnți rin."nr r .■ j.ibv - în.. cir 1 hcitr . yi. ng rini dnpartr! dncM part.nukiin .nlf, dar
 pn^h. tr np-Fr: 31 pir nr nvit.ilc; rum pr Fi, dr- nxpnplu o plnc/i a v "în Al trn' r-i f. : ■■
 înL - iriaț lc gnp-'r:i rin .ndc ilnrtmnngr.cr Bsnclavi cu fcInr . nț.irinr crm->u ■
 "nrcpcrlă nnr 1 . Fcutr n-ijllfi nni-tj].i' F-irl-;i^ c tj-Tmo pfit.^nrl 't/iir-.c ,ii irhn:: ți pct fi
 oprit# «j:::ir 71,1 blocuri dțnpj di C Tipvt HU <lii p ...Tib Torre r:n e Lrci :jpur dr rad nții
 ■«ijr.t. i'jiisc dz atpfli nstiiij h, pi: r.ini ii diiicrm m ftrj r irlinurj/i

deja din teoda cuantici. Hidrogenul <?1 mai upjt element, are un nucleu foimat dintr-un singur proton cu un electron care Qctteaă centrul Lui.

Erau cunoscute 51 alte forme de elemente cu mase neobișnuite, numite lwtopl Carbonul ?rc. dc (ftkcL masa egslă cu 12 unititi atomice, dar este întâlnit uneori și cu masa de 14 unități. Carbon -14 este Instabil, cu timpul de înjumătățim (durata de cere este nevoie pentru ca jumătate dintre atomi să se dezintegreze prin emiterea unei particule radioactive] de 5 370 de am, emițând o particulă beta ca să devină Azot-LA. Această reacție este folosită în datarea cu carbon radicactv, pentru aflarea vârstei unor Eiitcfacte arheologice vechi de nul de am, cum ar fi lemnul sau cărbunele de lemn.



drept nudeoni

N Eutranii La începutul anilor 19ijQ a fost descoperit un nou tip de "radiație", farc era suficLentde grea ca să eliberereprotonn din parafină, dar fără sarcină electrică. Jarnes Chadwkk. fizician la Cambndge. a arătat că această nouă radiație era.de fapt, o particulă neutră cu aceeași masă ca șt protonul. A fost numită neutron și modelul atomului a fost rearanjat SiMnțU șt- eu dat seama că un atom de carbon-12, de exemplu, are un r.udeu format din sase protoni ș. șase neutroni (care ti dau masa de 12 unități atomice) și țase electroni careorbtează nudeul. Neutronii și protonii sunt cimoscuțl

ATONI UURUTHERFORD

Folia Iart Nucleul este extrem de mic. în comparație cu întinderea totală a atomului, cu electronii rare ii Inviiuk Dc o sută dc mu de ori mai mic decât mnnnL nucleul are dhnutrul de doar câțiva femtometrt [sau o qțrin de mdlonime din a miliarda parte a unul nieiruj. Dacă atomul ar avea dimensiunea Pământului, nucleul din tcntri! lumii ar ma doar 1C kilometri diametru, adică lărgimea Manhattanutui. Nucleul concn! re-ază practic întreaga masă a atomului într-un Loc foarte mic, iar d poate închide multe zeci de protoni. Ce ține toate aceste sarcini positive laolaltă, înghesuite într-un loc atât de mkî Rcnlru a contrabalansa respingerea electrostatică a sarcinilor pozitive ți a ține nucleul laolaltă, fizicienii an fost nevoiți să inventeze un nou tip dc foiță, pe care au numit-o forța nucleară taie.

**NU EXISTĂ
NIMIC ÎN AFHXHÖE
ATOMI SI DE
SPAȚIUL. GOL;
ORICE ALTCEVA
ESTE o PĂHE**

Daci doi protoni sunt aduși aproape unul de «lălăit ci tnai întâl se resping, din cauza sarcinilor lor electrice de același tip (urmând legea inversului pătratului distanței a lul Maxwell}. Dar, dacă ei sunt împinși și mai aproape, Intră în acțiune forța nucleară tare, care ii unește. Forța tare apare doar la distanțe de separare foarte mici, dar este mult mai puternică decât forța electrostatică. Dacă protonii sunt împinși și mai aproape unul de altul, el rezistă, acționând ca și cum ar fi niște sfere tari - așadar, enstă o [imită precisă până la care se pot apropia. Acest comportament înseamnă că nucleul este strâns unit, foarte compact și extrem **dc** tare.

În 1934, Hidaki Yukawa a sugerat că forța nucleară este purtată de niște particule speciale (numite mezonlkc care acționează similar cu fotonlL protonl și neutronii sunt lipiți laolaltă prin schimbul de mezonl. Nid acum nu se știe de ee forța nucleară tare acționează la astfel de distanțe specifice - de ce este atât de slabă în afara nucleului și atât de puternică la apropiere. Este ca și cum ar ține nudeonu laolaltă la o distanță precisă. Forța nucleară tare este una dintre cele patru forțe fundamentale, împreună cu gravitația, electromagnetismul și o altă forță nucleară, numită forța slabă.

Idee de bază miezul cel tare

Navele spațiale din cămile și filmele SF sunt deseori propulsate de „molaare cu an ti materie”. dar anii materia exista cu adevărat și a test chiar fabricata artificial pe Pământ. O imagine în oglindă a unei forme de materie care are energie negativă, antimateria nu puafo cueristo multă vreme împreună cu materia - dacă vin în mtad, cete dauâ ac anihilează recrpruc Intra străfulgerare de energie. Tocmai existența antimateriei este cea care sugerează simetrii profunde în fizica particulelor.

Mergi pe stradă pL întâlnești o copie a propriei persoane Este geamănul tău din antimatcnc. Vă strângeți mâinile î Antimateria a fast piezișă din anii L92Ü și descoperită în anii 1930, pnn contribuția comuni a teoriei cuantice și a F-olattvitâtLL Este o fauni de materie „tn oglindă”, în care sarcinile electrice ale particulelor, energiile și alte proprietăți cuantl« sunt tenta de semn invers. Așadar, un antielectron, numit pozitron. are aceeași masă ca electronul, dar are sarcină electrică pozitivă. La fel, protonii și alte particule au „frați” de semn epusin antimateric.

Energia negativă Când a creat o ecuație pentru electron, în 1928. fizicianul britanic Hăul Mrac a observat că ta oferea poribflitafea ca electronii să aibă și energie rwgatnrâ, și po- zrtrvă. La fel cum ecuația $x^3 = 4$ are două soluții, $x=2$ și $x=-2$, Dirac avea două căi de rezolvare a problemei- energia pozitivă era rezultatul așteptat, asociată cu un electron obișnuit, dar energia negativă nu avea rud un sens, în ho să ignore acest termen generator de confuzii. Dirar a

PENTRU RECARĂ MILIARD DE PARTICULE DE ANTIMATERIE EXISTAU UN MILIARD ȘI UNA PARTICULE DE MATERIE IAR.

CÂND ANIHILAREA RECIPROCA A LUAT SFÂRȘIT, A RAMAS PARTICULA CE TRECEA DE MILIARD - ȘI ACESTA ESTE UNIVERSUL NOSTRU ACTUAL

Altie-il L ILLFIIII. IQifi

sugerat, însă, că astfel de particule ar putea, de fapt, să existe. Această stare complementară a materiei este jnti^Hterla.

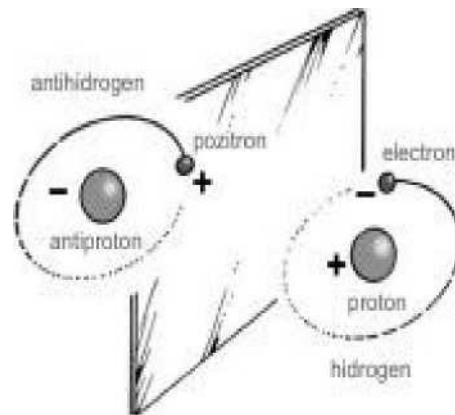
1928 tLHr. 1932 1955

DirjLdîduLK Artdahm detedeiil Sunt delectați
 ■MKfeftj] pontrcxiul anti^rolonil.
 jn?mj1trlei

CRONOLOGIE

ANTIMATERIA

Antiparticulele Vânătoarea de antimaterie a început rapid. În 1932, Carl Anderson a confirmat experimental existența pozitronului. El urmărea traiectoriile fluxurilor de particule produse de razele cosmice în camerele pline de energie, care intra în atmosfera Pământului din spațiu]. A observat traiectoria unei particule încărcate pozitiv și care avea masa electronului, pozitronul. Astfel, antimateria a devenit ceva real.



A fost nevoie să treacă două decenii până să fie detectată

următoarea antiparticulă, antiprotonul. Fizicienii au construit noi dispozitive acceleratoare de particule, care foloseau câmpuri electromagnetice pentru a muta viteza particulelor ce treceau prin etc. Asemenea raze puternice de protoni accelerați au produs suficientă energie pentru a evidenția antiprotonul, în 1955. Nu mult timp după aceea a fost descoperit și antineutronul.

Folosind echivalentul în antimaterie al componentelor, era posibil să se construiască un antiatom sau măcar un antinucleu? Răspunsul, după cum s-a demonstrat în 1965, era afirmativ. Oamenii de știință de la CERN, în Elveția, și de la Laboratorul Brookhaven, din SUA, au creat dintr-un antiproton și un antineutron un antinucleu de heliu greu (antihelium). Antideuteriul („Lipirea” unită pozitron de antiproton pentru fabricarea unui antiatom de hidrogen (antihidrogen) a durat ceva mai mult, dar a fost realizată și ea în 1995. În zilele noastre, specialiștii în fizică experimentală testează dacă antihidrogenul se comportă la fel ca hidrogenul normal.

Fizicienii pot crea antimaterie în acceleratoarele de particule, cum sunt cele de la CERN, în Elveția, sau de la Fermilab, lângă Chicago. Când fasciculele de particule și antiparticule se întâlnesc, ele se anihilează reciproc într-o străfulgerare de energie pură. Masa este convertită în energie după ecuația lui Einstein, $E=mc^2$. Așadar, dacă îți întâlnești vreodată geamănul din antimaterie, n-ar fi o idee bună să îi îmbrățișezi.

1965

Primul antiatom de heliu
a fost creat.

1995

Sunt creați
antideuteriul și
antihidrogenul.

Haj Drffita FùSì u" filitifi lx*itäftC Lal«nLel, ■ t
— 'l.mid Ce c!ijn lui glumim, i il vu:: iliu'iyal r, li
l etmiT-n dm . 1. i' Nu* „Nu tLiu' A lus
ndnrta .An fniüthvAğñh İn şjnñ.ilâ tfl izi ir. ■■[!
n-i::x:">! : prrp:/■ r n.. sfircitL ' C' hîr d.ir.iS
nu nr:i ddçç wcrbflrñt, rcmr/t-irn pin tnle-t ■ :
ml.'j'n.îfjçli THT. l. l., ar aunturñL a r,jñ.i5
crlî'b'.'! :i' -ri itnprçç b-.inh dn stuurLil ■ : n
".!et! tertij, prcTcfttünd □ nruh dttOriğre
nrîLPTint. ea ,i nñr -mi: r innl.ire Tl i ..'.fient
ptñrtflî Lcrim

mecartitii cupnticB țî taprtB n ptitivAțî iij'r
eijtt pmitit țî pnntnj rcmarcfliljlt ■; rtrrciân
pr. ■ -d mnrap ;lul rr ujuLc ',; pl:"".rû cû u
unt tlpăt EKiittuița. Bfttiff Btfif i Cind B -â
utir'm&L Premiul Nobel te 1933. pirr..l jAnd
■: l:î p -î r t F\$ft fi fl -cFjri:. IL:î nti ci-jitr puil
;ci'.nl.î : Our :î FBrntñft cAnri ■ ■; i
.....'fi ir ntr.nge și rr 11
nullji p.jp citiil/' Difiî: nu ji n'nviuL:nLo lo.
pnnimnrfi. pfothiril c! n c.ijTQ rr -:iil:ir
rmnirjnsrjC! rai d.<^j lipucitfcraa Fnftohij

fafcnetriile universale Dacă antLrnatenaarfirăEpândrtăpTmunrvers, aceste episoade de anihilare ar trebui să ie producă tot timpul. Matnfa și anbmactna i-ar dwtnige treptat una pe alta în mio explozii, lidhidâitdu-se reciproc. Pentru că nu vedem aceasta, nu poate casta prea multă Euibratenc în jm De iapt matena normală este de departe singura fermă de particule pe carele vedem Așadar, la începutul fermânului universului trebuie să fi editat un derccti±brw. astfel încât a fost crtatd mai multă materie dccât apusul ei antimatena.

INȘIIHT«.CİFÎV»
ÎNCEIRCASÂÎSPUNÎ
OİMENİLOAJNİR-UN FEL
CAHESİFİEÎWFELESDE
TUATÂIUMEA, CEV1 CE
NIMENI NU A ȘTIUT PÂHĂ
*rVNCI, MRÎN POEZIE
ESTE EXACT INVERS.

PIUI Girac 19D3-19S1

Ca toate imaginile în oglindă, particulele 0 antiparticulele sunt legate pînă la simetria de diferite tipuri. Una dintre ele este timpul. Datorită energiei lor negative, antiparticulele sunt echivalentul matematic al unor particule nonnale care se mișcă înapoi în timp. Astfel, un ponton poate fi conceput ca un electron care călătorește dinspre viitor spre trecut. Următoarea simetrie implică sarcini și alte proprietăți cuantice care sunt inversate și este cunoscută drept „conjugare a sarcinii electrice”. Dacă a treia simetrie se referă la mișcarea prin spațiu. Dacă ne întoarcem la principiul lui Mach. mișcările nu sunt, în general, afectate de schimbarea direcției coordonatelor care formează rețeaua spațială. 0 particulă care se deplasează de la stînga la dreapta arată la fel ca una care se mișcă de la dreapta la stînga și nu

se schimbă nici după cum se rotește, în sensul acelor de ceasornic sau în sens opus Această simetrie „xfe paritate” se aplică pentru majoritatea

particulelor dar există câteva pentru care, uneori, lucrurile stau altfel,
de exemplu există într-o

singură formă și se rotesc întotdeauna în aceeași direcție, spre stânga; nu există neutrii care să se rotească spre dreapta. Inversul este valabil pentru antiparticule, care se rotesc întotdeauna spre dreapta. Așadar, simetria de paritate poate fi uneori încălcată, cîtu toate că se conservă a combinație de conjugare a sarcinii și de paritate. Numită simetrie de conjugare a sarcinii și de paritate sau, prescurtat, simetrie CP.

Este un mare mister de ce universul conține mai ales materie, și nu antimaterie. Antimateria reprezintă o proporție întind - sub 0.0116 - din ceea ce există în univers. Dar universul conține și forme de energie, inclusiv extrem de mulți fotoni. Așadar, este posibil ca în Big Bangul original să fi fost create cantități egale atât de materie, cât și de antimaterie, dar, în scurt timp, acestea s-au anihilat reciproc, în cea mai mare parte. Acum a rămas doar vârful aisbergului. Un dezechilibru minuscul în favoarea materiei poate fi suficient pentru a explica dominația de acum a acesteia. Pentru aceasta, doar una din zece miliarde 10^{10} de particule de materie trebuie să supraviețuiască o fracțiune de secundă după Big Bang. Este foarte probabil ca materia cârmă să fi fost păstrată prin intermediul foarte ușoarei asimetrii rezultate din încălcarea simetriei CP.

**OPUSUL UNEI
AFIRMĂRI CORECTE ESTE O
AFIRMARE FALSA. DAU
OPUSUL UNUI ADEVĂR
PROFUND FOARTE LA FEL
BINE ȘI RE UN ALT
ADEVĂR PROFUND.**

Particulele care s-ar putea să fi fost implicate în această asimetrie sunt un fel de bosoni grei, numiți bosoni X. care încă nu au fost detectați. Aceste particule masive s-ar dezintegra ușor dezechilibrat, astfel încît să dea o foarte mică supraproducție de materie. Osoarui X ar putea interacționa cu protonii și să-i facă să se dezintegreze, ceea ce ar fi o veste proastă deoarece înseamnă că toată materia va dispărea într-o ceață de particule și mai fine. Dar vestea bună este că așa ceva s-ar putea întâmpla după o perioadă foarte lungă de timp. Faptul că noi suntem aici înseamnă că protonii sunt foarte stabili și au o durată de viață de cel puțin 10^{31} - 10^{32} ani, adică miliarde de miliarde de miliarde de ani, mult mai mare decît vârsta actuală a universului. Dar dacă universul chiar îmbătrânește, materia obișnuită ar putea și ea să dispară, într-o bună zi.

Idee de bază imaginea în oglindă a materiei

3 Fisiuneaucleară

OâniQiiSfrafH fisiunii nu citare este unul dintre marile mumentg de cumpănă ele științei. Descoperirea ei a însemnai un sall uriaș pentru Fizica nucleftra și n marcat intrarea în scena a energial atomi». Dur,, Suh umbrela războiului, i»asto ntrua tehnologie a fosl implementata aproape imediat în Armele nucleare, distrugând orașele japon e» Hiroshima și Naggsoki și declanșând o problemă de proliferare, care rămâne greu de rezolvai

La începutul secolului XX, Lungea intenoară a atomului a început și fie dezvăluită. Ca păpușile tușești Matriatka, atomul conține mai multe pături exterioate da electroni ce învăluie un miez tare, nucleul. La începutul anilai 1330, a fort „spart” nucleul însuși, cure s-a dovedit format dmtt-un amestec de protoni. ineâtcați electric pcntiv, și neutronii firă sarcină electrică, ambii mult mal grei decât efemerul electron și Legați împreună prin forța nucleară tare. Desfacerea „cleiului” de energie al nucleului a devenit misiunea prioritară a savanțllor.

Ruperea Pnma tentativă reușită de spargere a nudnlhil datează din 1931 La Cambndge. în Anglia. Cockroft și Walton au bombardat metale cu fluxuri de protoni foarte rapui. Aceste metale și-au schimbat compoziția și au eliberat energic conform formulei Im Einstcin, $E = mc^2$, Dar experimentele au consumat mai multă energic decât a fort creată, așa eă fizicienii nu au crezut că această energie ar putea fi folosită comercial.

În 1939, fizicienii germani Otto Hahn și Frltz Strassmann au bombardat cu neutroni clementul greu uraniu, în încercarea de a crea elemente noi și mal grele. Ct au obținut, în schimb, au fost elemente mult mat ușoare, unele doar cu jumătate dm masa uraniului Era ca și cum nucleu! s-ar fi spart în două atunci

1932

Jjtrm ChjdwiLk
deKDperâ

193

[Us otivrvatj fi'junsj
j'jDniLd.

194

[ite juțin'j'i p¹ Fj
reactje în hnț.

HSIUN NUCLEARĂ

când i fort bombardat ni om cc avea mai puțin de o jumătate da procent din masa lui, ca un pepene ce se sparge în dMii când este lovit de o cireafă. Kahn a descris experimentul într-o scrisoare trimisă Lisei Meitner, colega lor austriacă aflată în exil, care tocmai fugise din Germania nazistă în Suedia. Ia fel de surprinsă fi a discutat subiectul cu nepotul el fizician, irite Frisch. Meitner ji Frbdi și-au dat seama că Ia ruperea nucleului se elibera energic, deuaen cele două jumătăți aveau, în total, mai puțină energie. Când s-a intan în Danemarca, Frisch nu fi-a putut ține în frâu entuziasmul ți i-a pomenii de ideea Lor lui Nlels Bohr. Acesta, care se pregătea să traverseze oceanul spre America, s-a apucat imediat să lucreze la o explicație fi l-a pus în tenii pe italianul Eruioo Fermi, de la Universitatea Columbia

**... PROGRESIV, AM AJUNS
LA IOEEA CA NU AR TAE BUI
SA NE GÂNDIM LA NUCLEU
CA ȘI CUM AH FI SPAHTÎN
DOUA CU HALTA, CI CĂ
POALE EHA CEVÂÎN IUEEA
LUIBUHR, CARE COMPARA
NUCLEUL CU CFJĈÎNÎHĂ DE
LICHID,**

Meitner fi Frisch f s-au publicat lucrarea înaintea lui Bohr ți, inspirați de deriziunea cetulel biologice, au Introdus termenul de „fisiune”, între ttmpja New yotk. Fermi și colegul lui Leó Szilárd, exilat din Urganla, fl-au dat scama că această reacție a uraniului putea produce unplus de neutroni, care sideteimine fi mai multa fisiune și s£ provoace astfel o reacție nucleară în

Energia nude

Svjh - iih:: i -!:-r ț. inr i- înț ■ . 'JhmLrtj pnntzi τ
mi'"pn,i*J. nftfr Vinfrt arawIJHi F:: 'olc<;rjj ii < -
unl. uli! 'r-j::jiinj cli'ctr :e Ou u ulii în/ilrl dr r-TTi"
■lll;:-;11 Fi., vil rh: ni::'.liini pn mmbtjBtlbiul
da uraniu, absor u nd iwLiTŪNl B jplmpitan în pljț
r-rwc n rlr- n; .tiRtrintxi de rficr'E ptml.u
ntdupțraa citiri ci ri

i'üir-jil:: ' . ..n. ... i: Tl; ■■■în -ur,i .hr.kjnt-l lin
riii-'-T! niiln ppfi, dş' pctfi fijkjțitti ți ppa pii'iiirv-
i'.O "ii u. rjnr.'T iii '.:di;j k:h " Antii/i Franța HSLjc
pei primul :ic în Lmci h ftțjsrțB! tnrgir nudaHTț
produced :j!;hrnl TQü <j n gngripig lu r< -.-clu!
țiri. CU^arfliju ou 20^ &i WîKöa B^ttfIIB

1945

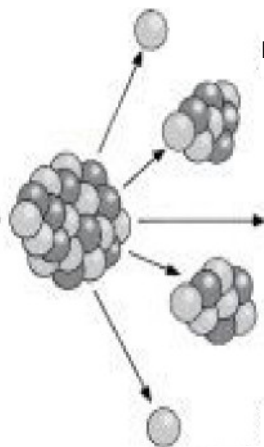
1951

DcirrLels a!orr tesunt
Linuate AMI pr.i
.

C>ir. rntr.u.i j
r»iK>a^râ MLE
ohtinut.i d Wt i ic

DISECÂMBOMH

HSIUN NUCLEARĂ



Fermi a obținut pr.ma reacție în lanț în 1942, la Universitatea din Chicago într-un laborator amenajat sub stadionul de fotbal.

Seacți? în lanț Fizicianul Arthur Campion își amintite ziua: Q balcon, o duzină de savanți urmăreau instrumente Ec și manevrau sistemele de contrai De partea cealaltă a camerei era un cub marc, făcut din blocuri de grafit și de uraniu, în care speram că avea să se dezvolte reacția atomică În Lanț, în spațiile dintre blocuri sau inserate barele de control și de siguranță. După câteva teste preliminare, Fermi a ordonat să se retragă barele de control cu încă 30 cm Știam că acesta avea să fie adevăratul test. Contoarele

Gcigercare înregistrau neutronii din reactor au început să țacăne dinte în ce mai repede, sunetul lor devenind un pârâit continuu Keictia s-a intensificat până când radiațiile puteau deveni un pericol pe platforma pe care stăteam roi Atunci a venit ordinul lui Fermi, să fie coborâte barele de siguranță. Bârâitul contoarelor a scăzut, până la un seric tentă de clickun. Pentru prima dată, energia atomică fusese eliberată, controlată și oprită. Cineva i-a dat lui Fermi o sticlă de vin italianesc și s-au auzit câteva în ale."

Proiectul Manhattan Szllâid era atât de îngrijorat că savanții germani îi puteau copia realizarea, încât i-a abordat pe Albert Einstein și, împreună, l-au trimis președintelui Roosevelt o scrisoare de avertizare., în Cu toate acestea, nu s-au întâmpnat prea multe până în 1941, când fizicienii din Marea Britanii le-au transmis colegilor de peste ocean calcule ce arătau cât de ușor se putea construi

Deșeurile nucleare

P[;j:":j:nr:"r: dr ni,jrț: -;i irf. p roi. inii;:?! citit i O' TITj rin- gL*:"r ::/ii :;i cu : ,;r "tidi:>ncLwi "rlr mi lajM.r ri":' : ■' " flud 11 ■:* .ir <i rz.'n!)..-lil. ..'fi dci ..m" u -i:-:-' unt rOmii"! :n: aoctve nu rii: :ii-, și i i ijr- ■■ i_j.. 'i ■ ■■:■■! plij.rr :-.-în pnl. dura liuLr:li.- itu nn Aceit# Lipiri (Ntrerti de p^riiultipsp de depwri sb'd. p'odui : " uintiL^ț: nir. dor .înmiii urii:ulii din rr*- i" .'i și po L:rnrv.i ,i. ■.. înrc.irfl Irj:-'i n urnii du dnț .'un mi ■ jh Rtdiiinutivc. du- Lnh pnr Ce tn luj .■ ffnr t w wtjsrij tispwjri BiU o prțt bmi tțur toci nu și- țj gisit soluției lu rtirel nundiil

o armă nucleară Aceasta a coincis cu atacul japonezilor de la Pearl Harbor, iar Roosevelt avea să lanseze curând proiectul bombei nucleare americane, cunoscut drept Proiectul Manhattan. A fost condus de fizicianul Robert Oppenheimer, de la Berkeley, dintr-o bază izolată și secretă aflată la Los Alamos. În Noaptea

În vara anului 1942, echipa lui Oppenheimer a proiectat mecanismul bombei. Pentru declanșarea reacției în lanț care să ducă la explozie era nevoie de o masă critică de uraniu, care însă trebuia separată înainte de detonare. Au fost preferate două tehnici: un mecanism tip „glonț”. În care o bucată de uraniu era proiectată cu ajutorul explozivilor convenționali într-o altă, pe care o completa până la masa critică, sau un mecanism cu implozie”, în care explozibilii convenționali făceau o pătură sferică de uraniu să se prăbușească peste un miez de plutoniu.

Uraniul există în două forme, sau izotopi ale căror nuclee au numere diferite de neutroni. Izotopul cel mai

cunoscut. Uraniu-234, apare de zece ori mai frecvent decât celălalt, Uranium-235. Uraniul-235 este cel mai eficient pentru o bombă cu fisiune, așa că uraniul natural este îmbogățit până la transformarea în U-235. Când U-235 primește un neutron, se transformă în plutoniu-239. Plutoniul-239 este instabil, iar ruperea lui produce și mai mulți neutroni; pe gram, așa că introducerea plutoniului poate declanșa reacția în lanț. Metoda glonțului a fost folosită, cu uraniu îmbogățit, la construirea primului tip de bombă, care a fost numită „Little boy”, băiețelul¹. A fost construită și bomba în formă de sferă cu implozie, care folosea plutoniu și care a purtat numele „Fat Man”².

Pe 6 august „Little Boy” a fost lansată deasupra orașului Hiroshima. Trei zile mai târziu, „Fat Man” a distrus Nagasaki. Fiecare bombă a eliberat echivalentul 30.000 de tone de dinamită, între 70.000 și 100.000 de oameni au murit pe loc și două milioane mai mulți în anulare au urmat.

**H-AMGÂWCĂZIIIA ACEASTA
AVEA SĂ ÎNTRE CA O ZI NEAGRA
ÎN ISTORIA UMANITĂȚII.. ERAM
CONȘTIENT ȘI DE FAPTUL CĂ
TREBUIA FĂCUT CEVA DAC*
GERMANII CONSTRUIAU BOMBA
ÎNAINTEA NOASTRĂ... AVEAU
OAMENI CARE SĂ FACĂ ASTA..
NU AM AVUT OIE ALES SAU AM
CREZUT CĂ NU AVEAM DE
ALES.**

Led Sii^rd. la98-1964

Idee de bază ruperea atomului

OvFuziuneaucleară

Toate ^amantele din jur, Jnoluslv eslu din corpul nostru, sunt produsul iuziunji nucleare. Fuziunea aii meni cază cu en ergio stela cum este Soarele, iu care sunt produse luate elementele mai grele decât hidrogenul. Suntem tu adevărat tăcuți drn praf de dele. Dacă putem slâpâni puterea stelelor alfil, pe Pământ fuziune ar putea fi cheia pentru energie ncpoluanU ți nelimitata

Fuziunea nuclearăcănităînîmbinareanucleelor unorâtouu ușori pentrua forma unele mai grele. Dacă sunt presate suficient de puternic, nudeele dc hidrogen se pot combina ca să formeze heliul, iar. în acest proces, se eliberează energie ■- foarte multă energie. Progresiv, construind nuclee din ce în ce mai grele

**VÂCEHSÂPmiți ÎN AMBELE
SENSURI. PENTRU Cİ
DRUMUL SPRE
CUNOAȘTEREA STELELOR
TRECE PRIN ATOM; ȘI
CUNOȘȚINȚE IMPORTANTE
DESPRE ATOM AU FOST
OBTINUTEDIN
CERCETAREA STELELOR.**

Hr AUhul iddlngtoT, 1928

printr-u sene da reacții da fuziune, toate elementele pe care le vedem în jurul nostru pot fi create pornind de la zero.

Stnin;ji!Tt puterflîta Fuzionarea chiar și a celor mai ușoare nudee, cum este hidrogenul, este extrem de dificilă, tste nevoie de temperaturi și de presiune enorma, așa că fuziunea se produce în mod natural doar în locuri extreme, cum ar fi Soarele și alte stele. Pentru ca două nuclee să fuzioneze, trebuie învinse foițele caie îl lm laolaltă pe fiecare din eîe. Nucleele sunt formate din protoni și neutroni, legați împreună dc forța nucleară tare. Această forță taie este dominantă la scara minusculă a nucleului și este mult mai slabă ir. afara nucleului Deoarece protonii sunt încărcăți electric ponuv,

sarcinile lor cScctrioc sc resping una pe aha fi, în același timp, tind să ii separe Du legătura forței nudcarc tan este mai puternică, așa d nudcuJ rămănc strâns La un loc.

Deoarece forța nucleară tare acționează pe o raza atât de mică șL de bine determinată, ea este mai intensă pentru nucleele mici decât pentru cele man. Itir.ru un

RONOLOGIE
nucleu

1920 d.Hr.

1932

IUI

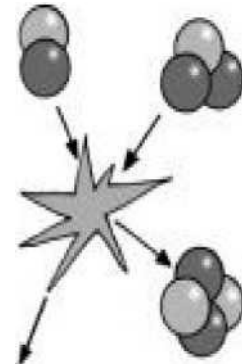
Edd ngtaA jplică
stelelor hțttl ci
fijnunu.

rüüüPEJ hldrogțflLillrt
Ei.tK dEmcnstrjl ,i ii
laboralar.

klani BettiedțHrífci picivuIE dr
fununr ttffiri.

FUZIUNHICLEARĂ

mare, turn cs:e cel de uraniu, cu 258 de nudeoru, atracția reaprocă nu este atât de puternici între nudeonii afiați de părți opuse alt nucleului. Pe de altă parte, forța de respingere electrică acționează încă la distanțe mai mari și devine, așadar, mai puternici pentru nucleele grele, deoarece se întinde pe tot nucleuL Ea este intensificată și da numărul mat mare de sarcini pozitive pe care le conține acesta Efectul net al acestor Influențe este că energia necesară pentru a lega nucleul EaolaJla, raportată la numărul de nudeoru. crește odată cu masa atomică până la elementele nichel E fier, care sunt foarte stabile, și apoi scade dm nou pentru nuclee mai mari. Așadar, fisiunea re produce relativ ușor în cazul nudceloi mart, care pot fi aparte" și dc o loviturăndnoră.



Pentru fuziune, banera de energie care trebuie depășită este cea mai mică pentru izotopii de hidrogen, care conțin un singur proton

Hidrogenul există în trei versiuni: atomul de hidrogen „normal” conține un singur proton «bifai dc un singur electron; deuteriul. sau hidrogenul greu, are un proton, un electron, dar și un neutron; tritiul are în plus doi neutroni, den este și mai greu. Cea mai simplă reacție dc fuziune este, așadar, combinarea hidrogenului cu deuteriul ca să formeze tritiu, ptus un neutron izolat. Deși este cea mai simplă, pentru realizarea ei ar fi nevoie de temperaturi uriașe, de 800 de milioane de kelvin (temperatură pentru care tritiul este destul de rar).

Reacțiile de fuziune Fizicienii încearcă să reproducă aceste condiții extreme în reactorul dc fuziune, ca să producă energie EL mai au, însă, de lucru decenii întregi, până să pună metoda în practică. Chiar și cele mai avansate dispozitive dc fuziune consumă mai multă energie decât produc, cu multe ordine de mărime.

JteartMitie de fuziune sunt Sfântul Graal al producerii de energie, în comparație cu tehnologia bazată pe fisiune, reacțiile dc fuziune sunt relativ ncpduante și, dacă ar fi să funcționeze, foarte eficiente. Este nevoie de foarte puțini atomi pentru producerea unor cantități uriașe de energie [conform ecuației lui Einstein, $E=mc^2$], ar rezulta cantități foarte mici de deșeurii și în nici un caz ceva atât de periculos cum sunt elementele ultragrele ce rămân din reactoarele dc fisiune.

1946/1954

Tiki Hef fKplirj prcdulif j
tfefriEfftelit mai grele.

1957

Buitildge.Bud) dg«, 'wccr
&i hcyIr țiu blu ,i d InCraț trlftr.i df-.prrr iuA emintEi.i

DISECÂNDOM H

Fuziune li rece

Tn 1909, lumw frt»ntiFnS o Fort zgudurti di? u
rtvi 'ditHin cunL'u^tinidLil MblTi FI!!i!s:hn"inn
fif.li" cy Perri qg :ini inLnt. n?i HJ afattual
ryiufita nut^nr a. dar ndintr-ufi n:rntjc:-..
i:i71: fntr g cgmrrfl rir? tiritore ⁷¹ ■ : inrl cur nt
Jr: ini: pn—un n "ipii'-L i:.; grtn (ni uiirei gtnmi
dn hidrngpn ■;> irit di- :li: ::i d?: ::c:ri:- . ■!
n.. carat rrv riji ■ nr ' Fununr ,la rr':n' "■! iz:U';
cS dr-1'Knrmink., lor d r:./J-. it rr i: riult.ii i.-
■(■i-'jii- rlecit s ,i dnnniin-it. rii!n::ili:!! r a
pr™:ir, fjiibrcia znun^J "r ' Ficut ■r'il.ri Oi —
nuit'or.~ir"< :li: în^A r-: i

di? pflnirt rit Fir ■:r"Ti:;rn "i Pcfir au gn\it :
"înd :i ciilr.Jnt nn" ihrul nnr'grL z, ilnr p-
riblnnn nu uite L-TinşiiLn ni !- >"iin rii-
D::;ij'inna au apărut ți nlții cârc au iuntriut.
c3 nMlizmarS Fui unea TFi lab^tor În 2002,
Rudi Tqlvyarkhgn ,i ifirnah nit Fuz¹..-^;] nr
□Hii'n spntric ruine:Tu"nrcntr-. 'nngnwn
cart FacE r.a budti dintr ..r ch:: ETI L! L.. Tirfi
a"j.;n;. riiriii ■ igt NrrhmlntE [ți j■ ■. .ll. iti: .
mpl.i ::j ni' ■: :i.'r r liiwinț' ...:Fi a.:
i-, : "Tinij'7i'. ctiFinil. v darii Fu/mni i paa'.ii
r .irirvSr rr.ihraLiîn Irihnrarcr, ÎHU g ,,:njhi?lji

Obținerea energiei clrcntnce din fuii^nc nu produce nki gaze de Miâ ij promise
Q nat de energie regenerabilă, de încredere, cu condiția să poată fi fabricat
combustibilul reacției, hidrogenul pt denterul Dar nld această energie nu
este perfectă ți n produce ți M unele deșeuri radioactive, cum sunt neutronii
cure ar fi eliberați în reacțiile principale ți care trebuie „cuiăț3ți”.

Date fund temperaturile foarte înalte implicate, principala dlücuftate este
controlul gazelor extrem dc fierbinți prin urmare, deși fuziunea a fost
realizată, aceste dispozitive uñase pot funcționa doar câteva secunde odată.
Ca și încerce st să depășească următoarea barieră tehnologică, o echipă
internațională dc oameni de ținunță colaborează la construirea unui reactor de
fuziune ți mai mare, în Franța, numlîteactof Experimental Termonuclear
internațional fiTEE), care va testa dacă fuziunea poate fi utilizată în scop
comercial.

Praf de stei? stelele sunt reactoarele dc fuziune ale naturii. Fizicianul german
Etani Bethe a desens cum strălucesc acestea prin convertirea nucleelor de hi-
drogen (protoni) în nuclee de heliu (doi protoni ți doi neutroni). În procesul de
transfer sunt Implicate particule suplimentare ipozitroni ți neutrlnl), astfel
încât doi dintre protonii originali sunt transformați în neutroni.

jji interiorul steiehr, elementele mal grele suni construite treptat, în papi, pnn
fuziuni repetate, ca după o rețetă. Nuclee din ce în ce mal man sunt
construite prlntr-o succesiune de,ardcrt\mai briU hidrogen, apoi heliu, apoi

alte clemente

mai ușoare decât fierul și, la urmă, elemente mai grele decât fierul. Stelele de tipul Soarelui strălucesc deoarece în ele fuzionează în cea mai mare parte hidrogen care se transformă în heliu, iar aceasta se întâmplă suficient de tanc pentru ca elementele grele să fie fabricate în cantități foarte mici. În stelele mai mari, această reacție este accelerată de implicarea elementelor carbon, azot și oxigen, în fuziuni ulterioare. Așadar, mai multe elemente grele sunt produse mai repede. Odată ce apare heliul, din acesta se poate produce carbon prin fuziunea a trei atomi de heliu-7, via instabilul beriliu-9. Odată ce s-a produs carbon, acesta se poate combina cu heliul, pentru producerea de oxigen, neon și magneziu. Aceste transformări lente ocupă cea mai mare parte din viața unei stele. Elementele mai grele decât fierul sunt produse în reacții ușor diferite, construind gradual secvențele de nucleide, conform tabelului periodic.

**SUNTEM BUCĂRI
DE MATERIE STRĂINĂ
CARE SA
HÎIT
ACCIDENTAL,
BUCĂRI DINTR-
STELE CARE A EȘUAT.**

Primele stele Unele dintre primele elemente ușoare nu au fost create în stele, ci chiar în mingea de foc a Big Bangului original. La început, universul era atât de fierbinte, încât nici măcar atomii nu erau stabili. Primii s-au condensat atomii de hidrogen, împreună cu o cantitate mică de heliu, litiu și beriliu. Acestea au fost primele ingrediente pentru stele și orice altceva. Toate elementele mai grele au fost create în interiorul stelelor și în jurul lor, apoi au fost proiectate în spațiu de stelele care au explodat, numite supernove. Totuși, nici acum nu știm exact cum s-au aprins primele stele. Prima stea care a existat vreodată nu a conținut deloc elemente mai grele, ci doar hidrogen, așadar nu avea cum să se răcească suficient de repede ca să intre în colaps și să-și declanșeze reacția de fuziune. Colapsul sub influența gravitației face hidrogenul gazos să se încălzească excesiv și să se distindă. Elementele grele îl pot ajuta să se răcească prin iradiere de lumină. După ce a existat o primă generație de stele și elementele produse de ele au fost proiectate în spațiu de către supernove, formarea stelelor este ușor de explicat. Dar explicația formării primei stele, urmată destul de repede de altele asemănătoare, rămâne și astăzi o provocare pentru teoreticieni.

Fuziunea este o sursă fundamentală de energie în univers. Grijile noastre ar lua sfârșit dacă am stăpâni enorma energie a stelelor. Dar nu este deloc ușor

Idee de baza energia din stele

3 Modelul standard

Protonii, neutronii și doct rării Sunt tfaar vârful aisberguri în fizica particulelor.

Protonii și neutronii sunt constituiți (fin și mai puțin din quarcuri, electronii sunt însoțiți de neutrini iar forțele acționează prin intermediul unei întregi suita de bosoni, printre care și fotonii, „Modelul standard adună într-o singură teorie această diversitate de particule într-un singur arbore genealogic”.

Pentru grecii din Antichitate, atomii erau cele mai mici componente ale materiei. Abia la sfârșitul secolului al XIX-lea au fost identificate în atomi ingrediente mai mici, mai întâi electronii, apoi protonii și neutronii. Dar sunt aceste trei particule ultimele „cărămizi” din care este constituită materia?

Ei bine, nu. Chiar și protonii și neutronii au o structură granulară. Ei sunt formați din particule și mai mici, numite quarcuri și asta nu este tot. Așa cum fotonii transportă forțe electromagnetice, mii și mii de alte particule transmit celelalte forțe fundamentale.

Electronii sunt însoțiți puțin din ceea ce știm acum, dar ei sunt însoțiți de neutrini aproape lipsiți de masă. De asemenea, particulele au omoloagele lor din antimaterie. Toate acestea sună destul de complicat, dar această pletoare de particule poate fi înțeleasă într-un singur cadru, numit modelul standard din fizica particulelor.

**CHIAR DACĂ EXISTĂ O
SINGURĂ TEORIE
UNIFICATĂ POSIBILĂ.
ACEASTA ESTE ÎN UN SET
DE REGULI ȘI DE ECUAȚII,
DAR CE ANUME INSUFLĂ
VIAȚĂ ACESTOR ECUAȚII ȘI
CREEAZĂ UN UNIVERS PE
CARE ELE SĂ-L POATĂ
DESCRIE?**

Săptămîna La începutul secolului XX, fizicienii știau că materia este făcută din protoni, neutroni și electroni. Niels Bohr a descris cum, prin intermediul teoriei cuantice, electronii se aranjează în păături sferice în

jurul nucleelor, ca orbitele planetelor în jurul soarelui.

cca 400 î.Hr.

1930

Onani p răpune
IMSJ ds J.DITI.

IAfagjng Paul prezice

existența nrutrinului

DISECÂNDOM H

MODEL01ANDARD

PiDpnetăŭe nucleului erau și mal ciudate. Cu toate sarcinile lor pozitive care ar fi trebuit să se respingă, nucleul găzduia zea de protoni, comprimați împreună cu neutronii într-un minuscul miez tanc, încheșat de forța nucleară tare. Dar, pe măsură ca s-au aflat mar multe despre radioactivitate dm modul în care nucleele se rupeau (prut fisiune} sau se uneau {prin liiilune'l, a devenit dar că mai sunt multe fenomene care trebuie explicate.

În primul rând, arderea hidrogenului în Soare și transformarea lul în heliu, pnn fuziune, implică o altă particulă, ncutrinel, care transformă protonii în neutroni, în 1930, existența neutrilnilor a fost propusă pentru a explica dezintegrarea neutronului într-un proton și un electron - dezintegrare beta radioactivă- MeutnnuL însuși nu a fost detectat pana în 1956. fiind o particulă practic fără masă. Așadar, chiar șt anil1W mar erau muŭte aspecte care așteptau explicații. Acestea au început să vină în anii 1940 și 195Dŭ când au fost cercetate alte particule.

Din aceste investigații a evoluat modelul standard, care este un ici de arbore genealogic a] particulelor subatomtee Există trei tipuri de bază de particule fundamentale, 7hadrorut^H, construiți din .quarcun", .Jeptuiu". care Lnclud și electronii, și, **Quarcuril** în cele din urmă, bosomi, particule care transmit forte, în această categoric de particule intrând fotonii. Eecărura dintre quarcun și leptoni ii corespunde, bineînțeles, o antiparticulă.

Q unirurile Jn anii 196d_p fizicienii care studiau bombardarea cu electroni a protonilor și a neutronilor

și-au dat seama ci în interiorul acestora din urmă se aflau particule ŭi mai mici, numite quarcun. Quarcurtle există în trei variante, putând avea trei „culori”: roșu, albastru și verde. Tot așa cum. electronii și protonii transportă sarcini electrice, quarcurile transportă ..sarcină de culoare", care se conservă atunci cândquarcurile se sdiimbăde la un tip la altul. Sarcina de culoare nu are nime de-a face cu culorile din spectrul vizibil al luminii - doar că a fost nevoie

QjdfunIE Bj ftiSt nurri k' aSlifel rli.r.O
□ Fra/ii dn Jpmts J:w:t în
r" h::'nl ::.'n i l-Y-ub::i lllj Firtrapan
pentru ° dfscnt ŭ^pii: n p:: "Or.^icr F
n 'jns :'.fi p'sctTjt ■ ap scos .trei
(juarai/i; mu trei rZn-iitr? de pucirB

1955

jnt dstecIŭi nsutrinii

anii 1960

pnŭuiK ideea
d" TJJC.

1995

C'rtr dfii oper 1 q JIFC-Jl
tap Mk.qujrLul 1'

ca fizicienii să fie inventivi și să găsească un mod arbitrar de a numi bizarele proprietăți cuantice ale quareimlor.

Toi așa cum sarcinile electrice produc o forță, sarcinile de culoare (quarcurile) pot exercita forțe una asupra alteia. Forța de culoare este transmisă printr-o particulă de forță

ELEMENTUL CREATIV DIN MINTEA OMENEASCĂ SE MANIFESTA LA FEL DE MISTERIOS CA ACELE PARTICULE

Slăt Arthur [ddinglon 1928

numită „gluon”. Forța de culoare crește pe măsură ce quarcurile se depărtează, așadar acestea sunt lipite ca și cum ar fi strânse cu un elastic invizibil. Deoarece Legăturile din câmpul forței de culoare sunt atât de puternice, quarcurile nu pot exista pe cont propriu și trebuie să formeze combinații neutre din punctul de vedere al culorii (și nu aibă sarcină totală de culoare).

Posibilitățile includ

grupuri de trei numite barionii („barion” însemnând greu), ce formează protoni și neutroni normali, sau perechi quarc-antiquarc (numite mezoni).

La fel cum au sarcină de culoare, quarcurile prezintă și șase tipuri de „arome”.

Trei perechi de quarcuri formează generații cu masă din ce în ce **mai** mare. Cea mai ușoară sunt quarcurile „up” (sus, u) și „down” (d); urmează „strange” (straniu, s) și „charm” (farmec); în cele din urmă, quarcurile „top” (t) și „bottom” (bază, b) formează cea mai grea pereche. Quarcurile up, charm și top au sarcina electrică $2/3$, iar quarcurile down, strange și bottom au **sarcina** $-1/3$. Așadar, quarcurile au sarcini electrice fracționare, comparativ cu $+1$ pentru protoni și -1 pentru electroni. Este nevoie, deci, de trei quarcuri pentru a forma un proton (doi up și unul down) sau un neutron (doi down și unul **up**).

Leptonii A doua clasă de particule, leptonii, este înrudită cu electronii și îi include și pe aceștia. Avem și aici trei generații cu mase din ce în ce mai mari: electronii, muonii și tauonii. Muonii sunt de 200 de ori mai grei decât un electron, iar tauonii de 3 700 de ori mai grei. Leptonii au toți sarcini electrice unitare negative, -1 , și, de asemenea, o particulă asociată numită neutrino (electron-, muon- și tauon- neutrino), care nu are sarcină electrică. Neutrino nu au aproape deloc masă și nu interacționează prea mult cu nimic. Ei pot traversa tot Pământul fără să lase vreo urmă, așa că sunt greu de prins, deși leptonii au antiparticule.

Interacțiuni Forțele fundamentale acționează prin schimbul de particule. Așa cum undele electromagnetice pot fi concepute ca un flux de fotoni, forța nucleară slabă poate fi concepută ca fiind intermediată de particulele W și Z , în timp ce forța

DISECÂNDOM H

nucleară tara se transmite pnn intermediul gjuonilor. Ca și fotonul aceste particule sunt fentiioni, care pot casta toți simultan, Ln aceeași stare cuantică. Uuarcii iile și leptomi sunt fermierei și nu pot.

Ciocnirea pariiculetar În a doua jumătate a secolului XX. fizicienii au aflat detalii despre ce se petrece în interiorul atomilor și al particulelor folosind forța brută, adică ifârâni.ându-L FLzlea particulelor a fost desenai ca i lua un ceas elvețian complicat, a-l zdrobi cu un ciocan și a studia apoi cioburile ca sa îți dar seama cum funcționează. Anxlnatoartie dc particule folosesc magneți gigantici pentru a accelera particulele până la viteze extrem de mart, iar apoi prodecieaiâ fasciculul respectiv de particule într-o țintă sau într-un alt fascicul de particule venind din sens opus. La viteze modeste, particulele sunt eliberate doar generațiile cric mai ușoare de particule Deoarece masa înseamnă energie, este nevoie de un flux de particule eu energetic foarte mare pentru a elibera generațiile ulterioare (mai grele) de **parkule**.

Specialiștii fotografiată traiectoriile particulelor la trecerea printr-un câmp magnetic, tidentificandu-le astfel, tn tâmpul magnetic, particulele Încărcate pozitiv deviază într-o parte, iar cele cu sarcini rngath* în ceialți Masa particulelor dictează pi ea cat de repede trec prin detector și cât de curbată este traiectoria prin câmpul magnetic Traiectoria partkuHur ușoare abia m curbează, iar particulele mai grele pol chiar să evolueze în spirale. Pnn determinarea acestor caracteristici în detector și compararea Joi oi ceea ce te așteaptă din teorie, fizicienii pot spune ce particulă este fiecare.

Gravitația este singura neinclusă deocamdată în modelul standard. A fost postulată existența „giavitonuluT, sau particula care transportă forța gravitațională, dar numai ca idee. Nu exiști încă nici o dovadă fizică a existenței unei granlantiți în gravitație Unu fizicieni încearcă să includă gravitația în modelul standard pnn ceea ce ar fi marca teorie unificată a câmpurilor, dar mai au drum fong până le reușită.

MOÖEL01ANÜARD

r		
u up	c charm	t tip
d cran	s slranp	b bzllam
e afe dro n	p rriuar-	T lau
v _e neutrul LtClJUT H	Vp FMiita n miucmk:	VT rteülr n tu nanii:

DD'İİİF	
Y	foton
W	bosoniW
Z	L'iwnZ
g	gluon

1JDHM
1
11111

Idee de baza

total în familie

3 Diagrame Feynman

Diagramele Feynman sunt niște schițe inteligente care pot fi folosite ca prescurtare în rezolvarea ecuațiilor lor complicate din fizica particulelor. Fiecare interacțiune de particule poate fi desenată cu ajutorul a trei săgeți care se întâlnesc într-un punct, două dintre ele marcând particulele care intră și ies, iar cea de-a treia indicând particula care transportă forța. Punând laolaltă mai multe astfel de schițe, fizicienii pot calcula probabilitățile de producere a interacțiunilor.

Richard Feynman a fost un californian charismatic, apedalist în fizica particulelor, celebru nu doar pentru cunoștințele lui de specialitate și pentru că era un vorbitor foarte bun, ci și pentru talentul cu care bătea la tobele bongo. Pentru a descrie interacțiunile particulelor, el a inventat un nou limbaj simbolic care, datorită simplității lui, este folosit de atunci fără oprire.

¹ Feynmanii în trăsătură
sunt niște
diagrame
care
tăie și lezi prii
tăiere dublei.
Carul din

itaifru: p*drw ri sunt
Rididur Fa*nrnm',



Ca prescurtare pentru ecuațiile matematice, Feynman, pur și simplu, a deservit să fie. O săgeată reprezintă particula care sosește, o altă particula care pleacă, iar a treia săgeată, cu coada încreștată, indică interacțiunea. Astfel, orice interacțiune între două particule poate fi reprezentată ca trei săgeți care se întâlnesc într-un punct sau vârf. Interacțiunile mai complicate pot fi construite din câteva astfel de forme.

Diagramele Feynman sunt mai mult decât niște simple grafice. Ele nu doar că îi ajută pe fizicieni să arate mecanismele prin care interacționează particulele subatomice, dar desenarea lor îi ajută totodată pe fizicieni să calculeze probabilitatea ca interacțiunea respectivă să aibă loc.

CRONOLOGIE

1927 în.

receptare
în: nv 'd tenia Cuifftld
j t jm-runlur

anii 1940

SedEIMD tj r*
eLlIdIFUTILJ Luurilicd.

ÜIAÚRAMEEENMAN

Schițele Diagramele Feynman zugrăvesc interacțiunile particulelor folosind o scrie de săgeți pentru a arăta traiectoriile particulelor implicate. Diagramele sunt desenate, de obicei, astfel încât timpul crește către dreapta, așadar, electron]] care vin HU pleacă vor fi dewnațlca nlptc săgeți cate arată spre dreapta Ele sunt, de regulă, înclinate, pentru a indica mltșeara. Rentra antiparticule, deoarece acestea sunt echivalente cu particule reale care se deplasează înapoi în tim p, săgețile arată înapoi, de ia dreapta spre stânga, lată câteva exemple.

Această diagramă ar putea reprezenta un electron care emite un foton. Electronul care vine (săgeata din stânga) suferă ia Intersecția celor trei linii o interacțiune electromagnetică din care rezultă un alt electron, care pleacă (săgeata din dreapta) fi un foton (linia șarpantă). Particula ca atare nu este specificată - doar mecanica interacțiunii. La fel de bine ar putea fi un proton care emite im foton.



Aici electronii cate vtne sau altă particulă absoarbe un foton, pentru a produce un al dedica electron, cu energic mai mare.

Acum săgețile sunt inversate, așadar, acestea trebuie să fie antiparticule. Această diagramă ar putea să M refere la un antielcctron sau pontron (săgeata din stânga) care absoarbe un foton ca sâ producă un alt pozltron (săgeata dui dreapta).

Iar aici un electron pi un ponlron se combină și se anihilează, ca Fă genereze un foton de energie pură.

Două sau mai multe intersecții triple pot fi combinate pentru a arăta o succesiune de evenimente. Aici o particulă fi o antiparticulă se anihilează ca să creeze un foton, caro apoi se dezintegrează într-o altă pereche parti- cuLă-antiparticulă.

1345

Sținț p reiéclair jifcilo i t;
Ion: Le îi jIDRULE.

1975

lite¹ p'apii^j cromod I.IHICJ
Luantirj.

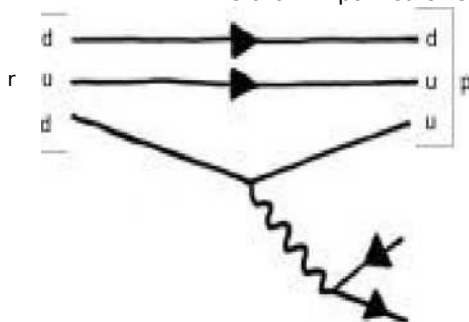
DISECÂNDOM H

Richard Feynman 1918-1988

I' r.:HT] ■fiyrTHn n Frr.L'.în Fyirin" St.'fluc:il
51 1 XECTri; A rl:'îmit ntrtn maxinit ta nitirnrnij
rin ndinl.IT: Ir> fn>„i: jjiht; !n Pnrnt.n'. t¹a
ul.ruț :i unor :nr'lm r : i i^ir CfrrrLV.n'ric
mnț .nFnnnr î" Prrir :L. h/mhr.iznr, F rynrrnn
sjrțrriD ■ 1 vfinnf bj n:hi iiii ni^tiTir.dt! :i!!:tiî
T-'K jii^liu fidf 1 ■.lin' rji..1 rl;n:O : ■ ■ 111L1
::P- ■ TLrki ur 1.. r;iriri?. riwrt'ni ncu.KLn nr*r
bl.i.'it i"! l ;rji.! iftnwicAjtH Plictisit țî i-ralfit în
dețnrEd :a h r'i Aînr ■ FEVFTi:în ■xx'iirati '-
cucL:n i 5tyil.rrii rij <lni:ii:nr:n ghițirij
nymcTHi pn rin '/i:n tjr 111 poitn. riFnin. "un ,i'
* crr-iLinhi ii - ?;71A?£ FI la fiin hi'fltrn. n
nun-!..-irrrliș l:i ! : .n:rr!fi..i ■.j/51 F.i:;,1 grji
i-'i.i.i : j în nifnr.ii jD" i.n ;pcn "oL oLinrj a
tncepyț ■ 1 bobii ta tutis. r.'i ■sil nn distraie
rr!En;:i!! b nirti nșuhBțin rin Hcmlrit j lupii
rjtjbgt Fofrirnon s a rruLul la Cnii.i:--:h ijrca (i

p.lrtüi j-.'i prnrinH 51 ii Toi" s.,crrrunit >1
raplirabo*. Ascrm moi nu -.i' părți pnntn r.ir:
71 Famnniw Piiryvnnn Rki'.MT?.'; nn Pâvsirs A
răa..t pirîii rir mmun r/iro .1 .mrhrLih n^DTH
ruNrtni spnțoln Cir.iltanijfr țî țî>g npjü. :::i rir
nbcti. pururea. Firii tçSiçyn
■U¹-■iii- ■: :ij Bwit pi :lbin 1 i
rirlr^iniTT- ■:! puſitKr. ¹ut. i nj;xirF'iiridrr ■;
i-...r: ■"!;;■■. i ilü S', i- j.irjii; țî pu¹:
t;:i-i n
i—"imnl.r: ci.ift-ti::n ç -.înrznh-nl^ini în ir
5çrimr n..¹ ■ 'inraY. plnnty nf njnn .il. l."ii
bottom* LËſieiDc dMtu labair Fovrimac ri avut
mrtil BHintun fi 1 n Jil::uL (ă călftnruBEE ti
Prçqxjt la !iinr:liuii. p rcnrcaț rhiFj- s\$
rirrvriFrn/c hvP^iFijlo Tiiinytr Calrxjul lu /ii -în F
mnnan Zlyscn n scnrç lîi n:>Tinnt tint : i
Ftiv'nvm în imüL'i".geni.. junüUitfl ^iFnn'.dar
yltiircir p -i mvvinl. linncriirthi în .grnrij ljctn.

Aceste Liteigectji pot fi folosite pentru a reprezenta multe tipuri diferite de interacțumr. Ele pot fi folosite pentru orice partl cuie, stidusrv quiicun țî Septoru, fi interacțiunile care corespund forței electromagnetice, nucleare slabă sau tare. Ele respectă, toate, unele reguli dc bază l- nergi a trebuie să m conserve, săgețile care intră pi pleacă în diagramă trebuie să fie particule reale [ca protonii sau neutronii, șj nu quarcurl Libere, tare nu pot exista izolat), dar tn stadiile intermediare pot ii impUcate particule subatnmice țî particiile virtuale, cu condiția ca toate acestea să fie transformate până La sfârâit în particule reale.



Această imagine descrie dezintegrarea beta radioactivă, la stânga este un neutron, compus din două quarcunjiown" și un quare ,up^u. În Interacțiune, el este trasformat intr-un proton, format din două quarcun up și un quarc down, plus un electron fi un antineutnn. Se produc două interacțiuni. **Un** quarc down dir. neutron se transforma intr-un quarc up, producând un boson W

DISECÂMDOM H

[reprezentat ca o linie

DIAGRAMEFctfNIVIAN

șerpulță), transmîțătorul forței nucleare slabe. Bcsonul W se dezintegrează într-un Electron și un antineutrino. Bosonul W nu apare printre produsele Interacțiunii, dar este implicat în stadiu] intermediar.

Probabilitatea Aceste diagrame nu sunt doar prescurtări convenabile pentru vizualizarea interacțiunilor - în același timp, ele ne pot spune cât de probabile sunt interacțiunile respective. Sunt reprezentări matematice ale unor ecuații complicate. În încercarea de a stabili cât de probabilă este o interacțiune, trebuie să știți în câte moduri o poate ajunge acolo. Acesta este momentul în care intră în joc diagramele, tacă desenați toate variantele diferite de interacțiune, toate modurile în care se ajunge de la un set de date de intrare la un set de rezultate finale prin interacțiuni multiple, vă puteți da seama cât de probabilă este fiecare dintre ele printr-o simplă numărare

Schije Hvm jüipHi eu cuir Me lui
iayinuti ;i-j li:sl folaslli ile
tppqrłriiH în Irneii pptiq0ijv MI
Ellrt. t*T» İBU fruitilt „diagrame
pingulu'cupa un pjinu pus eu
riiidantll llll mtr un bar: Jnr>
pmrrinj l jgcul du în imrtiiçn'att
lui rucrara flunlilî^i tmlnila iiii
Foli/if mrj tr nuvânul „pittguAi".
Engianieu -ul ir*ù ■rânjite
uarlical ir* pagini, iirlid l il parul
ci 5*arnnnâ pirt?n eu iMttié
(tintnliti.



Q E U Feynman a inventat diagramele în timp ce lucra la elaborarea teoriei electrodinamicii cuantice (QED). În anii 1940-1950, ideea de bază a QED este asemănătoare cu principiul lui Fermi pentru propagarea luminii - lumina urmează toate drumurile posibile, dar cea mai probabilă este calea cea mai rapidă, pe care cea mai mare parte a undelor luminoase se propagă în fază. Aplicarea unei idei similare la câmpurile electromagnetice a dus, după 1927, la teoria cuantică a câmpurilor, apoi la QED.

QED descrie interacțiunile electromagnetice, mediate de schimbul de fotoni, așadar mecanica cuantică este combinată aici cu o descriere a câmpului electric și a particulelor subatomice. În continuare, estimarea probabilităților tuturor interacțiunilor posibile l-a condus pe Feynman la notarea lui grafică. După QED, fizicienii au extins metoda ca să acopere câmpul forțelor puternice, în cazul quarcilor, o teorie pe care au numit-o cromodinamica cuantică sau QCD. QED a fost extinsă la forța nucleară slabă, într-o variantă combinată de forță electroslabă.

Idee de bază abordarea cu trei săgeți

Particu la lui Dumnezeu

În timp ce se plimba prin munții Scoției, în 1964, fizicianul Peter Higgs s-a gândit la o modalitate de a le asocia particulelor o masă. A numit-o „marea hidrogen”, Particulei care par mai masive deoarece sunt încetinite la trecerea printr-un câmp de îndee, cunoscut acum drept câmpul Higgs. El este purtat de hasonul Higgs, pe care laureatul Premiului Nobel, terni Lederntam ba numit „particula lui Dumnezeu”.

De ce are orice corp o masă? Un camion este greu, deoarece conține multe mulțime de atomi, dintre care fiecare poate fi și el relativ greu. Fotonii transportă informația în interacțiunile electromagnetice, gluonii Leagă quarcurile prin forța nucleară tare, iar bosonii W și Z poartă forțele nucleare slabe. Dacă fotonii nu au masă, pe când bosonii W și Z sunt particule masive, de sute de ori mai mari decât protonii. De ce sunt atât de diferite? Această discrepanță era o mare izbitoare, dat fiind faptul că teoriile forței electromagnetice și ale forței nucleare slabe puteau fi combinate într-o forță electroslabă. Dar această teorie nu prezicea că particulele purtătoare ale forțelor nucleare slabe, bosonii W și Z , ar trebui să aibă masă. Ei ar trebui să fie exact ca protonii, lipsiți de masă. Orice alte combinații de forțe fundamentale, încercate de marea teorie unificată a câmpurilor, s-au lovit de aceeași problemă. Particulele purtătoare de forțe nu ar trebui să aibă masă. De ce nu sunt atunci toate ca fotonii!

MITCĂREȘ CU ÎNCĂLEȘTIREA Maica idee a lui Higgs a fost să imagineze aceste purtătoare de forțe ca fiind încetinite la trecerea printr-un câmp elementar de forțe. Numit acum câmpul Higgs, acesta operează, de asemenea, prin transferul de bosoni. numiți bosoni Higgs. Imaginativă că tăsați o mărgea să cadă

OGIE

1687 d.Hr.

1964

hswlDii enunți, în flicipu, rcu.il ilr

pentru n.n.l

Higgs intuiette ceanume dă mj'.i
particulelor

PARTICUUDUMNEZEU

Inti-un pahu. 11 vt lua mal mult să ajuugA pe fundul paharului daci atesta aste umplut cu apă decât dacă este gol plin doar cu aer. Este ca și cum mărgică ar fi mai grea când se află în apă gravitației ii ia mai mult să o tragă în jos prin Lichid. Același lucru seaplkăpicwarefor voastre aluna când mergeți pnn apă - le simțiți mu grele și mișcarea vă este încetinite Mărgică poate fi încetinită și mai mult, dacă este Lăsată să cadă prin strop, în care va avea nevoie de ceva mar mult timp ca să se scufunde. Câmpul Higgs acționează într-un mod similar, exact la fel ca un lichid vâcos. Forța Higgs încetinește celelalte particule purtătoare de forțe, conferindu-le efectiv u mesă, ta acționează mai puternic asupra bosonilor W și 2 decât asupra fotonilor, făcându-i să pară maigtei.

**ERA EVIDENT CĂ
IPOTEZA TREBUIA TESTATĂ
PE CEA MAI SIMPLĂ TEORIE
ETALON, ELE
C1R001NAM1CA - SĂ-I
RUPEM SIMETRIA CA SĂ
VEDEM CE SE ÎNTÂMFIĂ CU
ADEVĂRAT.**

Câmpul Higgs seomână destul de mult cu un electron care se deplasează printr-o structură cristalină dc nuclee cu sarcină pozitivă cum ar fi un metal. Electronul este încetinit puțin, deoarece este atras de toate sarcinile porrtvE, astfel încât parc mai masiv decât în absența acestor ioni Aceasta este forța electromagnetică în acțiune, intermediată dc fotoni. Câmpul Higgs acționează în mod similar, dar bosonul Higgs sunt cei care poartă forța. Vă puteți imagina, de asemenea, o vedetă de cinema care sosește la o petrecere cu mulți invitați. Vedeta va descoperi că nu-i este deloc ușor să traverseze sala, din cauza tuturor interacțiunilor sociale care o încetinesc.

Dacă, însă, câmpul Higgs este cel care conferă masă celorlalți boson purtători de forță, care este masabosonulul Kiggs și cum își capătă aceste propria masă? Nu este o situație dc genul ce a fost mai întâi, oul sau găina?

Din păcate, teoriile nu prezic masa bcwnuhl Higgs însuși, deși prezic necesitatea existenței acestuia în cadrul modelului standard din fizica particulelor. Așadar,

2Q07

Cita cor Jtniit mjrete atee eratei dc p.iluxl” dc la CiRN.

DISECÂMDOM H

Ruperea simetriei în

1.1 tiimpfrnl.'iri "'rinr o inulLn, Lăți nl.nrnurtml.r :.n
mnpnBt ml. în dnțord na, r/;:-Tm.. "ih' Inr n³::jnnl.i::r!
irrznri n...!¹ jilBnl.ni. .i: 'rnEr', ihj n.: i: ■■■■■■; ■:-:
■■■.!: E-nr cnn:: l.i:-riji" iLurn sc&r'! "iib Lin tinuniL
nun:*, n.irr : t.i Ţipi ■ r.uri! DuH- :': : lli hcg'cLi:: so □
fi prodiț un :flmp Tinj~«!t.ii: qh:-l>rk

filiciōnii se așteaptă să ii vâdi dar
nu știu cat de greu n fi acest boson sau
când va apărea [nu a fost detectat
derandati). Date fund cerceiarile
continue pentru detectarea parti-
culelor cu proprietățile lui, știm că
masa bosonului Higgs trebuie să fie
mai mare decât energiile atinse

experimenta] până acum. Așadar, este foarte greu, dar ticburc să așteptăm
să aflăm exact cât de greu.

Urmei E crimei Nouă dispozitiv ni cart se înecară detectarea hosonulin
Higgs este Large Hadron Cdlider l'LHC'l, marele accelerator de pârtieule de la
CERN, în Elveția. CERN, Consiliul European pentru Cercetare Nucleară iconsell
Europeen poiir La Recherche Nudeairej, este un uriaș laborator de fizica
particulelor, de Lângă Geneva. Aici se află tunete drcu] **are, dintre** care
ccL **mai** mare arc 27 km lungime, **ia** 100 m sub pământ, în LHC, protonii
sunt accelerați de magneti uriași și foanazft fascicule care M curbează de-a
Lungul tunelului. Protonii primesc din ce în cc mai multă energie, pe măsură
ce parcurg tunelul circular, ajungând sase deplaseze din ce în CE mar repede.
Sunt create două fascicule care M mișciin directd opuse și **care**, când
protonii ating viteza maramă. sunt proiectate unu] în celălalt, astfel incit
protonii se ciocnesc frontal Energiile imense care sunt eliberate duc la
apariția temporară a unei serii întregi de particule, care sunt înregistrate dt
detectoare, la fel ca ți produsele dezintegrării lor, dacă au o durată de viață
foarte scurtă. Scopul lJ-3C este să găsească urme ale particulei lui Higgs.
printre milioanele de „semnături" ale altor particule. Fizicienii știu a anume
caută, dar tot este foarte greu de găsit bacă energiile sunt suficient de mari,
bosonul Higgs s-ar putea să apară pentru o fracțiune de secundă, Înainte să
dispară într-o cascadă de arte particule. Astfel, **în** be să „vadă" bosonul
Higgs, fizicienii ■ așteaptă să găsească urmele apariției lul ți apoi să pună
dovezile cap la cap, ca să-i deducă existență.

IlupCtfEa simetriei Când ar putea să apară un boson Higgs? ți cum se
poate ajunge de aici La fotoni șt 1a alți bosoni? Deoarece bosonul Higgs
trebuie să fie foarte greu, el poate să apară doarla energii extrem deman și,

PARTICUUDUMNEZEU

conform principiului incertitudinii al lui Heisenberg (vezi p. 101[^] chiar și atunci, doar pentru perioade foarte scurte. La începutul universului, teoriile presupun că toate forțele erau

DISECÂMDOM H

unificate într-o superiorie. J'e măsură ce universul s-a răcit, s-au desprins cele patru forțe fundamentale, printr-un proces minuscule ruperea simetriei.

Chiar dacă ruperea simetriei sună a lucru destul de greu de imaginat, în realitate este destul de simplu. Ea reprezintă punctul în care simetria este înlăturată dintr-un sistem printr-o singură abatere. Un exemplu ar fi o masă rotundă aranjată pentru oaspeți, cu șervete, farfurii și tacâmuri. Ea este simetrică prin aceea că nu contează unde te așezi, masa arată la fel. Dar, dacă o persoană își ridică șervetul de pe masă, simetria a dispărut - poți spune unde te afli, relativ la poziția respectivă. S-a produs astfel ruperea simetriei. Doar acest eveniment unic poate avea efecte radicale - se poate întâmpla ca toți cei așezați în stânga să își ridice ei șervetul, ca să urmărească primul eveniment. Se poate întâmpla și să-ți ridice șervetul cei de partea cealaltă, și atunci se poate produce opusul. Dar întreaga evoluție a evenimentelor este determinată de un eveniment unic, care a declanșat-o. La fel, pe măsură ce universul se răcește, evenimentele pot provoca decuplarea forțelor, una câte una.

Chiar dacă savanții nu detectează bosonul Higgs cu ajutorul LHC, rezultatele vor fi încă interesante. De la neutrini până la quarkul top, există 14 ordine de mărime a masei pe care modelul standard trebuie să le explice. Acest lucru este greu de făcut chiar și cu bosonul Higgs, care este ingredientul lipsă. Dacă găsim această particulă a lui Dumnezeu, totul va fi în regulă, dai, dacă nu. atunci modelul standard va trebui schimbat. Iar pentru aceasta va fi nevoie de o nouă fizică. Credem că am ajuns să amănăm toate particulele din univers ■■ bosonul Higgs este singura verigă lipsă.

Idee de bază înotând împotriva curentului

Teoria stringurilor

Cei mai mulți fizicieni sunt foarte mulțumiți să lucreze cu modelul standard așa incomplet cum este al, iar alții caută deja o nouă fizică. Înainte chiar ca modelul standard să fie confirmat în infirm experimental. Printr-o extensii moderni a dualității undă-particulă, un grup de fizicieni încearcă să explică comportamentul pentru hidrogen, tratându-le nu ca niște stări dure, ci ca unde pe care cântă vibrantă.

Adeptii teoriei stringurilor (coardelor vibrante) nu se mulțumesc să considere particulele fundamentale - cum ar fi kvartunle, electronii și fotonii - ca niște bulgări invizibili de materie sau de energie. Modelul care le conferă o anumită masă, sarcină electrică sau energie sugerează un alt nivel de organizare. Acești savanți consideră că astfel de modele indică existența unor armonii profunde. Fiecare cantitate de masă sau de energie este un ton armonic al vibrației unei coarde minuscule. Astfel, particulele pot fi concepute nu ca niște bulgări solizi, ci ca niște fâșii care vibrează sau bucle ale unei coarde vibrante, într-un fel, aceasta este o nouă abordare a pasiunii lui Einstein pentru corpurile solide ideale din punct de vedere geometric. Este ca și cum particulele ar fi toate niște note care sugerează o gamă armonică, interpretată pe o singură coardă.

Vibrații În teoria stringurilor, coardele nu sunt așa cum le știm, să zicem, la o chitară. O coardă de chitară vibrează pe trei dimensiuni ale spațiului sau poate avea aproape două dimensiuni, dacă vibrația este restricționată la un plan pe lungimea coardei. Dar în sus și în jos relativ la acesta. Dar stringurile subatomice vibrează într-o singură dimensiune, mai degrabă decât dimensiunea zero a particulelor punctiforme. Mișcarea în sine nu este vizibilă, dar.. pentru partea matematică, savanții calculează vibrațiile stringurilor în mai multe dimensiuni.

['.■ir pniMI ...i teptia Kjluaa-
Kjŧin, pcrtrii j LNLuJ
elecUan'jgrelhm'jI Œi

■i. ir P ire Nn mbu dncrie
torta rucifjrjij taiŧcu j uterul
ulringuiili? din nieuriu

TEORSTONGUFÎLOK

până la 10 sau 11. Lumea în care trăim are trei dimensiuni spațiale, la care se adaugă încă una, temporală. Dar trebuie să cred că s-ar putea să mai existe multe altele pe care nu le vedem, dimensiuni care sunt încolăcite astfel încât nu le observăm. Aceste alte lumi sunt cele în care vibrează stringurile asociate particulelor.

Stringurile pot fi curbe deschise sau închise, dar sunt identice din toate celelalte puncte de vedere. Așadar, diversitatea particulelor fundamentale are naștere doar din modelul vibrației stringului, din armonicile lui, nu din materialul propriu al stringului.

O idee principală a Teoriei stringurilor este, în întregime, o teorie matematică. Nimeni nu a văzut vreodată un string și nimeni nu știe cum am putea să aflăm dacă există cu adevărat așa ceva. Așadar, mi există deocamdată experimente pe care să le fi conceput cineva ca să verifice dacă teoria este adevărată sau nu. Se spune că există foarte multe teorii ale stringurilor, câți teoreticieni ai stringurilor există. Aceasta pune teoria într-o postură nefavorabilă printre oamenii de știință.

Filosoful Karl Popper considera că știința merge înainte în principal prin falsificare, ă vine o idee, o testezi printr-un experiment, iar, dacă este falsă atunci exclude ceva, așadar, oricum afli ceva nou și știința progresează. Dacă observația noastră potrivește cu modelul, atunci nu ai învățat nimic nou. Deoarece teoria stringurilor nu s-a dezvoltat până la capăt, ea nu are încă niște ipoteze care să se poată dovedi false. Deoarece există atât de multe variații ale teoriei, unii savanți îi contestă caracterul științific. Disputele dacă este folositoare sau nu umplu paginile revistelor științifice și chiar ale ziarelor, dar teoreticienii și fizicienii consideră că eforturile lor sunt justificate.

**FAPTUL CĂ AI ACELE
DIMENSIUNI ÎN PLUS,
AȘADAR MULTE FELURI ÎN
CARE STRINGUL POATE
VIBRA ÎN MULTE DIRECȚII
DIFERITE, SE DOVEDEȘTE A
FI CHEIA PENTRU A PUTEA
DESCRIE TOATE
PARTICULELE PE CARE LE
VEDEM.**

jum. anilor 1370

Există trei teorii ale gravitației.

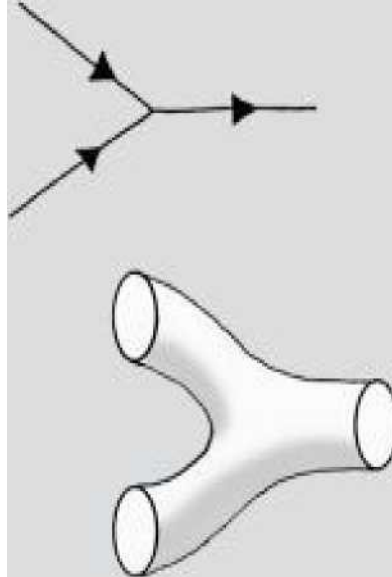
1984-1986

Există o teorie rapidă și ieftină care explică la nivel ridicat.

anii 1990

Există o teorie în 11 dimensiuni,

Șirîtur ■! i- :>nnui i""~ri filii Hor în nflirttiriimeftSKinti iHn svnt iin oij ri:: giKrratni, m fi țuprțFijțfl fi nlf.c
ftirniț n.j': .îmi"" . nn : ".[, 'ri .:ni jiini~il-:..:n eite
numtS Lecrta 1.1 ExisUi rtai niuh.i verfiirti
mFBntnțr, în cuvântul dn lu carp vnp „M¹ 7 cijm
ar p./rn h rnrhrini F>iu n¹ .rr 0 pnnjn.Jfl ■■i:
d'fpfiîMnrii pnn r^xiț.1- p" o nie, rină p:irt. :sul:i l
-..nr.:. ■ :si".1.ir fi mrii; , r r : ■ în- i; iii. ■ r:
rii/irj-.i ii cor lm nrfl.pe co;T: II numiri lm o ci iii?
v;i'vfl .miting 'iii spurwrr D hiicl^ ii¹Irir.'i ir
cilindru A țarine 9;o..nrin t}| IEciitii nfti ci i jprafnți
rir? v n:.,i |rțon i:țun ■■ w p-riri..- ,i::c:ln u-
rii!.■■!::■■ ■■ :■! niixi/rț;¹ -ir .-ljcrrrlrlwl 7 unii r.-j-
rcjiirln uri: sn rrrnmh""^ Afuri. Lr<irn 1/ rinlr <:n
«±.X:III n! Fomrcr ^itunir ncnr rr r.,pi i::*r! în
■ipr.i.. 1'. nT-n;; ini



Teoria latului în tentativă de

J explka ititF-un singur câini întreaga hune a partLculclnr 5J a interactLunilcr
dintre rit, teoria ^ringurilor încearei să M apropie de o ,teoric a totului' o tinguiă
tmte dbr urufteă toate cele patru forțe fundamentale (electromagnetismul,
gravitația, forța nucleari tare și forța nucleară slabă) ți explică masele
particulelor, precum și toate proprietățile lor. Inițial, Einsteinafost cel care a
încercai să unifice teoria cuantica pl gravitația, în and l^Ușdți nu a reușit niael, ți
nici altcineva de atunci până în zilele noastre. Einatein a fost Euat în derâdere
pentru această cercetare, considerată Imposibilă și o pierdere de vreme Teoria
stnngurilor aduce în ecuație gravitația, astfel încât potențialul ei atrage
cercetători care să o continue. Mai este, însă, mult pană să fie formulată precis,
ca să nu mai vorbim despre o eventuală verificare a ei.

Teoria strlIngunlot a apărut ra o noutate și își datorează succesul frumuseții
aparaturii el matematic, tn anii L92D, Theodor Kaluza a folosit armonicele ca
modalitate diferită de a descrie unele proprietăți neobișnuite ale particulelor.
Fizicienii și-au dat seama că aceeași matematică ar putea descrie și unele
fenomene cuantice, în esență, matematica din teoria undelor funeponeazi bine și
pentru mecanica cuantică, ți pentru extinderea acesteia în fizici particuleloi.

TEORII STRINGURILOR

De aici iu foet dezvoltate pnmcie teorii ale stringurilor. fidsă numeroase variante și este încă departe de o teorie unică, atot cuprinzătoare.

D teorie a totului este scopul urmărit de unii fizicieni, care sunt în general reducționiști și care cred că, dacă înțelegi „cărămizile” din care este construită, atunci poți înțelege întreaga lume. Dacă înțelegi un atom format din stringuri care vibrează, atunci poți deduce întreaga chimie, biologie și așa mai departe. Alți oameni de știință găsesc însă o astfel de atitudine ridicolă. Cum ar putea cunoașterea atomilor să îți spună ceva despre teorie socială sau despre evoluția organismelor? Nu totul poate fi explicat atât de simplu. Ei cred că o astfel de teorie descrie lumea ca im zgomot lipsit de sens al interacțiunilor subatomice, așadar este nihilistă și eronată. Punctul de vedere reducționist ignoră comportamente macroscopice evidente, cum ar fi modelul uraganelor sau haosul, și este descris de fizicianul Steven Weinberg ca fiind „rece și impersonal. El trebuie acceptat așa cum este nu pentru că s-ar fi pe plac, ci pentru că așa funcționează lumea.”

Teoria sau, mai degrabă, teoriile stringurilor sunt fi acum într-o stare de fier. Nu a apărut încă o teorie definitivă și s-ar putea să mai dureze ceva până la apariția uneia, pentru că fizica a devenit atât de complicată, încât sunt multe lucruri care trebuie incluse în ea. Săvezi universul ca o muncă formată din numeroase armonii are un anumit farmec. Dar adepții teoriei zăbovesc uneori și asupra aspectelor prozaice, preocupându-se atât de mult de detalii, încât diminuează semnificația modelelor. La scară mare adepții teoriei stringurilor s-ar putea, așadar, să rămână marginali până când apare o viziune mai puternică. Dacă, dată fiind natura flintei, este bine că el caută, și nu în focuri obișnuite.

**NU ÎMI PLACE CA NU
CALCULEAZĂ ORICE, NU
ÎMI PLACE CĂ NU ÎȘI
VERIFICA IDEILE. NU ÎMI
PLACE CA, PENTRU ORICE
VINE ÎN CONTRADICȚIE CU
UN EXPERIMENT, EI VFN
CU O EXPLICAȚIE - D
CÂRPEALĂ CARE
SA-ȚI PERMITĂ ȘI
SPUI «EI BINE S-AR
PLTTEA SĂ FIE TOTUȘI
ADEVĂRAT»**

Idee de bază armonice universale

4 Relativitatea specială

Legile mișcării ale lui Newton descriu cum se deplasează cele mai multe dintre obiecte, de la mingi de tenis și mașini până la carnete. Dar Albert Einstein a iritat în 1905, că atunci când obiectele se mișcă foarte repede, se întâmplă lucruri crude, Dacă privești un obiect care se apropie de tine cu viteză luminii, vei vedea cum devine mai greu, se contractă în lungime și îmbătrânește mai încet. Aceasta deoarece nimic nu se poate deplasa mai repede decât viteza luminii, etăder timpul și spațiul însele se distorsionează. Când se apropie de această limită universală de viteză.

Urdele sonore răsună prin aer, dar vibrațiile lor nu pot traversa spațiile goale. În cartă nu există atomi. Așadar, este adevărat că „în spațiu nu te aude nimeni dacă strigi”. Dacă lumina se poate răspândi prin spațiul vid,

fapt pe care îl știm deoarece putem vedea Soarele și stelele. Este cumva spațiul umplut cu un mediu special, un fel de aether electric, prin care se propagă undele electromagnetice? Fizicienii de

**CEL MAI DE NEÎNȚELES
LUCRU DESPRE LUMINE
ESTE CĂ EA FOARTE FI PE
DEPUN ÎNȚELEASA.**

la sfârșitul secolului al XIX-lea credeau asta și considerau că spațiul este umplut cu un fel de gaz sau „aether”, prin care radiază lumina.

Viteza luminii în 1879. Insa, un experiment celebru al lui Michelson, 1879-1955 demonstrează că eterul nu există. Deoarece Pământul se mișcă în jurul Soarelui, poziția lui în spațiu se schimbă în permanență. Dacă eterul ar fi fost, atunci Albert Michelson și Edward Morley au conceput un experiment ingenios care ar fi detectat mișcarea relativă la eter. Ei au comparat două raze de lumină care se deplasează pe trasee diferite, în unghi drept una față de cealaltă și reflectate de oglinzi identice. Îndepărtate la fel cum un înotător îi ia mai puțin timp să traverseze un râu de la un mal la altul decât să

h^Kiilun i iMorky ru revtEu:
-â d^vrdrascieKiitî-ntj

Tinvtein p.i sht .1 tre- a
;ic.i.1 l.i a relativii ztjii

Paradoxul gemenilor

Iri.Tjii.iț. ! ■.■. ! ::h ■; nton-n tjrr:::iu ■?>:::a
f. tinnt;nil:.r FHL:: pni: ? în -rj nriyi vă ră
frnt.n:: vnstrj iji njnîln or F tnrr ■; i:::\.i CM n
■■anhnL.ii nrnc rJlr'itnnița niifirinnL rki
rapcirq ji știi ír uDS.T^ș nuhrirn!. rí: mult íjrrr l
j1 lr.toa'rrra iți rcyisLoLn tzfi ol : ímhfltrflfiit
inni iru: >L ■ l'írzftl. vii. "iíTijj. u : i pr?
PíTinnt. l.i ni: r.'ccrr ■; n-íuulr ;ráüti pnñšinnnr
pi: ni ír F în fk.írr.i v^ritjii
Dnyi D;IT inpnr lbii nurüstn pftipnu'jis un
dr^mrcr-qünrrfinuir,pn*_r „ nr-'i

5UPU5 ijnnr Far+n pybnnmr «rț rfi ::flrrr ti n
altfel dei șchimhurfi
F. ■ cflhijfi BîMBi decalftri l.iimpi iriile, pwer.
mnti cnra apar-pimu tann ífttr „n
anumit .țwitaxt B-w putea ea nu aparfi h F::>
în nitul l ~ Fd r...Ti tir:/.. ihrii.-'ițl.r. tnt ::'i.i ia
cnntn::t.'i Jung mila □hiBftij EQU pr"5nar.:s
none :: : orp .j'inn/.l : : n: : ■uitn/.i hu H¹
tibiavt niLi uihu du > ă Ceste; efeuta, dl ar ■'
ne^izahil rin- nft.ri: un ct:':ri\ BfcLeffl

Înoate aceeași distanță iu sasul răului, contra curentului, și apoi la vale, Michelson ?i
Modtț a așteptau La un imitat simitar pcnlnț lumină. Curentul tăiilul U lepiezenta
mișcarea Pământului prin eter. Chai nu a apărut mei o diferență - mele de budnă s-au
intais La punctele de plecare exact în aceLașL timp. Indiferent de direcția în cate se
dcpLa^a lumina ți cum m mișca Pământuf, viteza Luminii a rămâi, neschimbata. Viteza
lummu nu a fost afectată de mișcare. Experimentul a dmdll că eterul nu există dar fost
nevoie dc Einstcin. ca să curita» aceasta

La fel ca principiul luL Maeh [vezi p. 4K aceasta înseamnă că nu există o rețea fixă, în
fund al, față de care să se miște obiedeLe. Spre deosebire de undele din apă sau dc
undele sc-norc. lumina pare să călătorească întotdeauna cu aceeași viteză. Acest lucru
era ciudat șL în contradicție cu experiențele noastre obișnuite, în cate vitezele re adună
Atunci când conduci mașina cu 5c km.'h și te depășește o alta care merge cu K km/h,
este ca ți -cum tu ai sta pc Loc ți celălalt șofer ar trece pe lângă tine cu 15 km ^h Dar
chiar dacă ai goni cu sute dc km rh, lumina ar călători tot cu aceeași viteză. Ea este de
exact 300 de milioane de metn pe secundă, indiferent dacă aprinzi o lanternă într-un
avion supersonic sau din șaua unei biciclete.

1971

Dilat j wa t' Tipu lui «tr demonii rată cu Ji'.ncirul ura tr.run mtj ale : i avioane iPate în ibnr.

**INTRODUCEREA UNUI ETER-
LUMINĂ SE VA DOVEDI DE
FIZICĂ, DEOARECE- NU
VA FI INTRODUS NICI UN
SPAȚIU ÎN REPAUS
ABSOLUT. DOTAT CU
PROPRIETĂȚI SPECIALE ȘI
NICI UN VECTOR DE
VITEZĂ NU VA FI ASOCIIAT
CU UN PUNCT DIN SPAȚIU
ÎN CARE AU LOC
PROCESELE
ELECTROMAGNETICE.**

Această viteză constantă a Luminii a fost oca care l-a intrigat pe Albert Einstein în 1905 și l-a făcut să elaboreze teoria relativității speciale. Pe atunci un obscur funcționar la un birou de patente din Elveția, Einstein a elaborat ecuațiile de la zero, în timpul lui liber. Relativitatea a devenit în cele din urmă cea mai mare descoperire științifică după Newton și a revoluționat fizica. Einstein a început cu presupunerea că viteza Luminii este o constantă și apare aceeași pentru orice observator, indiferent cât de repede se deplasează acesta, încă viteza luminii nu se schimbă, atunci trebuie să se schimbe ceva, ca să compenseze.

Sfârșitul și timpul Pe baza ideilor dezvoltate de Edward Lorenz, George FitzGerald și Henri Poincaré, Einstein a

arătat că spațiul și timpul se distorsionează, pentru a se

conforma cu diferitele puncte de vedere ale observatorilor ce călătoresc cu viteze

apropiate de cea a Luminii. Cele trei dimensiuni ale spațiului și cea a timpului au format o lume cvadridimensională. Viteza este distanță împărțită la timp, așadar, pentru a preveni orice depășire a vitezei luminii, distanțele trebuie să se reducă, iar timpul să fie încetinit, ca să compenseze. Astfel, o rachetă care se îndepărtează de tine parcă mai scurtă și timpul curge mai lent pentru ea.

Einstein a deslușit modul în care legile fizicii călătoriau fi rezolvate pentru observatori care se deplasează cu viteze diferite. El a exclus existența unui sistem de referință

staționar, cum ar fi eterul, și a decretat că toate mișcărilor sunt relative și că nu

există un observator privilegiat. Dacă stați într-un tren și vedeți un alt

tren care se mișcă pe șina alăturată, s-ar putea să nu știți

care tren stă pe loc și care se deplasează. Mai mult, chiar

dacă credeți că trenul vostru staționează în gară, nu puteți

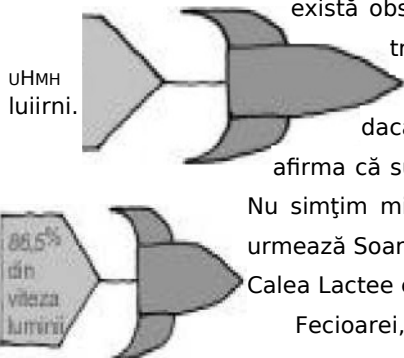
afirma că sunteți imobil, doar pentru că nu vă mișcați față de peron.

Nu simțim mișcarea Pământului în jurul Soarelui, nici drumul pe care

urmează Soarele prin galaxie sau cum

Calea Lactee este atrasă de uriașul duster de galaxii din constelația

Orion, dincolo de ea. Tot ce putem experimenta este mișcarea



SPATSIIMP

relativă dintre noi și peron sau a Pământului rotindu-se printre stele.

Einstein a numit aceste puncte de observație diferite sisteme de referință inerțiale. Sistemele de referință inerțiale sunt spații care se mișcă imul

RĂLATIVITATEA SPECIALĂ

față de celălalt cu viteză constantă, fără accelerații sau forțe. Astfel, deci stați într-o mașină care se deplasează cu viteza de W km/h, vă aflați într-un sistem de referință inerțial] și vi simțiți exact la fel ca într-un tren care merge cu 100 km/h (alt sistem de referință inerțial) sau într-un avion care zboară cu 500 km/h [și care este și el sistem de referință inerțial]. Einstein a afirmat că Legile fizicii sunt aceleași în toate sistemele de referință inerțiale. Dacă scăpați un pix în mașină, tren sau avion, el va cădea pe podea în același fel.

Mașini lent și mai < TEU Mergând mai departe spic
înțelegerea mișcărilor relative la viteze apropiate de cele ale

luminii, viteza maximă care poate fi atinsă de materie, Einstein a prezis că timpul avea să încetinească. Dilatarea timpului exprima faptul că, în diferite sisteme de referință inerțiale, ceasurile ar putea să funcționeze cu viteze diferite. Acest fapt a fost demonstrat în 1971. prin trimiterea a patru ceasuri atomice în avioane « au înconjurat Pământul de două ori, dintre care două au zburat spre est și celelalte două spre vest Când au fost comparați timpii indicați cu un ceas rămas la sol. în Statele Unite, ceasurile care zbieraseră pierduseră fiecare câte o fracțiune de secunda comparativ cu cel care stătuse pe loc. în concordanță cu teorema relativității speciale a lui Einstein.

Un alt factor care împiedică obiectele să depășească bariera vitezei luminii este că masa lor crește. potrivit ecuației $E = mc^2$. Un obiect care ar atinge viteza Luminii ar deveni el însuși infinit de mare, făcând imposibilă orice accelerare suplimentară, iar «fiec obiect care are masă nu poate atinge exact viteza luminii doar să se apropie de ea, cu cât se apropie mai mult, cu atât devine mai greu și accelerarea este mai dificilă. Lumina este formată din fotoni care sunt lipsiți de masă așadar aceștia nu sunt afectați.

Relativitatea specială a lui Einstein a însemnat o ruptură radicală de tot ceea ce a precedat-o Echivalența dintre masă și energie a fost șocantă, la fel cum au fost toate implicațiile pentru dilatarea timpului și pentru masă.

**ESTE IMPOSIBIL SĂ
CĂLĂTOREȘTI CU VITEZĂ
MAI MARE DECÂT LUMINA
ȘI NICI NU» FI DE DORII
MAI ALES CÂNO
ÎNTR-UNA
DĂ ÎN DIAL**

Idee de bază mișcarea este relativă.

J

41 Relativitate generală

Încorporând gravitația în teorii Joia relativității speciale, teoria relativității generalizate a lui Einstein a revoluționat viziunea pe care o avem despre spațiu și timp și a trecut dincolo de legile lui Newton și a deschis un univers de găuri negre, găuri de vierme și Mie gravitaționale.

Imaginați-vă un film care începe pe o clădire înaltă din care se parașutează dintr-un avion, încotem către pământ de gravitație. Albert Einstein și-a dat seama că, în această stare de cădere liberă, persoana respectivă nu resimte gravitația. Cu alte cuvinte, ai fi lipsită de greutate. În zilele noastre, în acest mod sunt recreate condițiile de gravitație zero pentru antrenamentul astronautilor, pe timpul zborului unui avion (poreclit foarte atrăgător „cometa de vomitat”) pe un traseu ce imită traseul unui mișcător rus. Când avionul zboară în sus, pasagerii sunt lipiți de scaune și trăiesc experiența unor forțe mai puternice decât gravitația. Dar când avionul este îndreptat cu botul în jos și plonjează spre pământ, ei sunt eliberați din chingile gravitației și plutesc liber prin corpul aparatului.

Accelerația Einstein și-a dat seama că această accelerație era asociată forței de gravitație. Astfel, tot așa cum relativitatea specială desenează ce se întâmplă în sistemele de referință inerțiale, care se deplasează cu viteze constante unul față de celălalt, gravitația este o consecință a situării într-un sistem de referință care accelerează. El a numit-o cea mai fericită idee care i-a venit în viață.

În anii următori, Einstein a explorat consecințele. Discutându-le ideile cu colegii de încredere și folosind cele mai nobile evoluții ale matematicii ca să

ÖG1E

1607 d.Hr

toewtwi propun« Lepj sa a gravitației.

1915

Einstein publică teoria generală a relativității.

RELATIVITATEA GENERALIZATĂ

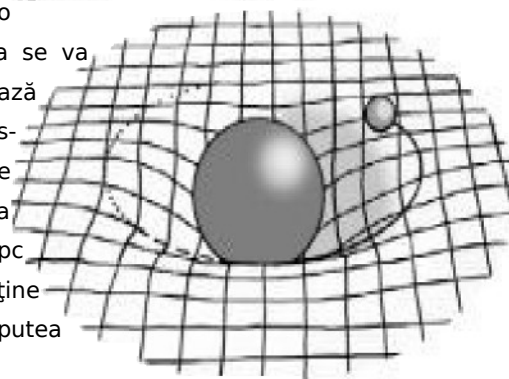
le „prindă” în formulă, el a elaborat teoria completă a gravitației, pe care?

numit-o relativitate generală. Anul 1915, când și-a publicat lucrarea, s-a dovedit unul neobișnuit de agitat. Einstein și-a reirizuit aproape imediat teoria de câteva ori. Colegii da breaslă au fost uimiți de progresele lui. Teoria a generat chiar și unele predicții ciudate, dar verificabile, inclusiv ideea că raza de lumină este curbată de un câmp gravitațional și, de asemenea, că orbita eliptică a lui Mercur se ar putea roti în jurul Soarelui din cauza gravitației.

**TIMPUL ȘI
SPAȚIUL ȘI
GRAVITAȚIA NU POT
EXISTA SEPARAT DE
MATERIE**

Spațiu--timp în teoria relativității generalizate, cele două dimensiuni ale spațiului și cea a timpului sunt combinate într-o rețea cvadridimensională spațiu-timp sau metrică. Viteza luminii este tot fixă și nimic nu poate să o depășească, în cazul mișcării și accelerației, aceasta metrică spațiu-timp este cea distorsionată pentru a menține constantă viteza luminii.

Relativitatea generalizată poate fi imaginată cel mai bine prin vizualizarea spațiului-timp ca o suprafață de cauciuc întinsă peste o masă găurită. Obiectele cu masă sunt ca niște bile grele plasate pe această suprafață. Ele deformează spațiul-timp în jurul lor. Imaginați-vă că puneți pe suprafață o bilă ce reprezintă Pământul. Ea formează o adâncitură pe planul de cauciuc pe care este așezată. Dacă aruncați apoi lângă ea o bilă mai mică, un asteroid să spunem, acesta se va rostogoli pe pantă, spre Pământ. Aceasta ilustrează cum se resimte gravitația. Dacă bila mai mică s-ar mișca suficient de repede și urma lăsată de Pământ ar fi suficient de adâncă, atunci, tot așa cum un cascador pe motocicletă poate goni pe interiorul unei piste îndrăgite, acel corp s-ar menține pe o orbită circulară, asemenea a lui. V-ați putea gândi la întregul univers ca la



1919

Observațiile din 1919 din E.U.K.I.
pauză confirmă teoria lui

RELATIVITfctfiIERALIZATÂ

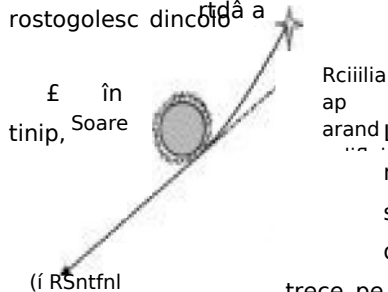
Lirutrin.

anii 1960

Ir spaț d luntvirirtE iîdVEZI
j'e«^ible"ițrigiüi'li/ hEgre.

16 SPATSITIMP

8 suprafață unapă dc cauciuc. Fiecare planetă, stea și galaxie produc o adâncitura care poate atrage poziția devia obiectele mai mici în trecere, ca mingile care se rostogolesc dincolo de contururile unui traseu de golf.



stern a înțeles că, din cauza aceste i defbnqări a spațiulu-
Lumina ai ii deviată La trece rea pnn apropierea unui corp
masiv, cum este Soarele. Emstein a prezis că poziția unei
stele observate în spatele Soarelui se va deplasa puțin,
deoarece lumina care vine dc la ca este deviată atunci când
trece pe lâ ngă masa Soarelui. Pc M mai 1919, astronomi din toata
lumea s-au strâns ca să verifice predicțiile lul Emstein prin observații făcute în timpul unei
eclipse totale de Soare. S-a dovedit unul dintre momentele dc glorie ale fizicianului, arătând că
teoria pc care unii o credeau nebunească era, de fapt, aproape de adevăr.

DeUtnări și tjâuri Îndoirea razelor de lumină a fost confirmată cu lumina care vine
tocmai din partea cealaltă a universului. Lumina dc la galaxiile foarte îndepărtate est? evident
curbată Ja trecerea prin regiuni cu formațiuni masive, cum ar fi un uriaș cinst? dc galaxii sau o
galane cu adevărat mare. Punctul de lumină din fundal este întins într-un arc. Deoarece acesta
Imită o lentilă, efectul este cunoscut drept lentilă gravitațională Dacă galaxia din depărtare se
află în spatele unui obiect masiv, interpus între ea tt observator, atunci lumina de la ea este
întinsă într-un cere complet, numit inel Einstein.

Unde gravitaționale

1.- nit s ipnrț tf nj.il.rvil^ii gtnfrfzfłtjii tjîta Cí în nLi[iii!^iitj!i 'iținții.

■ p~ nr4. Fi i ,rr,-ji. n unrlt■ . Indr l. grnv t■ i;inrni <i ret n ■;. i ir iprr .il da h:. giyrilB fiSgft fi da □
Stole ccnipocte 7 densf fnrț \$B r:>l.i'i;r: rum ;■jir :-..lrr:- A^.-nni.nu >iu vA?»*. :um ni:-----ix:-ițil: u^1^
p..!:" și SR njtnnpbS ra nnarg ■; .srnninm sS Fi fMt piardliA om .-■i.r-nr:: .il Mcdnlr griivt/ițiiirvi'n. î' sil 1
în:if ■: .HI m Facr- :n:1xinl.ni! cciariBmdnțn ri7ir:ir ' ii consLnjiBfrf: za P^nifrt ți ir !;[:i:ijij nitte dEtHQtnúre
ijnnt B pentru B !;..rni' "-i<! tn-nur.. njhintjtti: i-rrra/i! -:-,i^Fr.nrtc l.. -gi, În ' nKnrr. 1 ijrciálnr grwl.nținnu.:
nriM .înrlnlr. grnv Viponla ar F rlr Lcchirta, nr Fi în::l .ir; 'iuren: pK":n. vnir.'i Tilnl.v Lîții
știrii■"ijjft.r .1 .1 ' Tst.iin

RELATIVITATEA GENERALIZĂTA

Acest spectacol a fost surprins de telescopul spațial Hubble în multe fotografii frumoase.

Teoria relativității generalizată a lui Einstein este aplicată acum pe scări largă în modelarea întregului univers. Spațiul-timp poate fi conceput ca un fel de peisaj, completat cu munți, văi și cobane. Relativitatea generalizată a rezistat până acum tuturor testelor de observație. Regiunile unde este testată cel mai des sunt cele în care gravitația este extrem de puternică sau poate foarte slabă.

Găurile negre (vezi p. 16B) sunt ca niște puțuri extrem de adânci în suprafața spațiu-timp. Ele sunt atât de adânci și de abrupte, încât orice se apropie suficient de mult de ele poate să cadă înăuntru inclusiv lumina. Ele marchează găuri sau singularități în suprafața spațiu-timp. Spațiul-timp care poate să se deformeze și în găuri de vierme sau tuburi, deși nimeni nu a văzut încă așa ceva.

La cealaltă extremă, acolo unde gravitația este foarte slabă, ne-am putea aștepta ca aceasta să se năască în cuante minuscule, similar luminii formate din „cărămizile” reprezentate de fotoni individuali. Dar nimeni nu a văzut până acum nici cel mai mic semn de granulare în cazul gravitației. Sunt elaborate teorii cuantice ale gravitației, dar în lipsa unor dovezi care să le susțină, unificarea teoriei cuantice și a gravitației nu este încă realizabilă. Această problemă l-a preocupat pe Einstein tot restul carierei sale, dar nici măcar el nu a reușit, iar provocarea rămâne în picioare.

**VOM PRESUPUNE, AȘADAR,
ECHIVALENȚA FIECĂRII COMPLETE
ÎNTR-UN (TIMP GRAVITAȚIONAL
ȘI
ACCELERAȚIE) RĂSPUNZĂTOR
E A SISTEMULUI DE REFERINȚĂ
ACEASTA PRESUPUNERE
EXTINDE PRINCIPIUL
RELATIVITĂȚII LA CAZUL
MIȘCĂRII UNIFORM ACCELERATE
A SISTEMULUI DE REFERINȚĂ.**

Idee de bază spațiu-timp cu deformări

4 Găurile negre

Să cazi într-o gaură neagră nu ar fi deloc plăcut, corpul ți-ar fi rupt în bucăți, în timp ce morți. Mor te-ai apărea înghețat în timp, ca în momentul prăbușirii. Găurile negre au fost imaginate mai întâi ca niște stele înghețate, din care nimic nu s-ar putea scăpa decât depășind-o pe cea a luminii. Acum «nu este considerat». Însă, niște găuri sau „singularități” în suprafața spațiu-timp a lui Einstein. Și nu sunt doar imagini, găuri negre uriașe populează centrele galaxiilor. Incluzând galaxia noastră, dar unele mai mici apar prin spațiu ca fantomele unor stele moarte.

Dacă arunci o minge în aer, ea va ajunge la o anumită înălțime. După ce cade înapoi. Cu cât o arunci mai repede, cu atât mai sus va ajunge. Dacă o arunci suficient de repede, ea ar putea să scape din câmpul gravitațional al Pământului și să se îndepărteze în spațiu. Viteza pe care ar trebui să o atingi ca să se întâmple acest lucru se numește „viteză de scăpare”. Este de 11 km/s. O rachetă trebuie să atingă această viteză ca să scape din câmpul gravitațional al Pământului. Viteza de scăpare ar fi mai mică dacă te-ai afla pe mai puțin

**DUMNEZEU NU DOAR
CA JOACA ZARURI, DAR
CÂTEODATĂ LE
ARUNCA UNDEVA
UNDE NU POT FI TĂZUIB**

Într-o zi H. IV/1577

masivă Lună: 2.4 km/s ar fi suficient. Oar, dacă te aflai pe o planetă mai mare, viteza de scăpare crește. Dacă planeta respectivă ar fi suficient de grea, atunci viteza de scăpare ar putea atinge sau chiar depăși viteza luminii însăși. Așadar nici măcar lumina nu ar putea scăpa de atracția ei gravitațională. Un astfel de obiect, atât de masiv și de dens încât nici lumina nu poate să-l scape, este numit gaură neagră.

Ortodoxia și eveniment Ideea de gaură neagră a fost dezvoltată în secolul al XVIII-lea de către geologul John Michell și matematicianul Pierre-Simon de Laplace.

1816

1784 d.Hr.

anii

este în lipsă de exuberanță
și este înghețat în timp,

Midie drijer fKMbihâtea rw-slențri .jițldorfertunccatt"

GĂURI NEGRE

Laplace Mai târziu, după ce Einstein și-a prezentat teoriile relativității, Karl

Schwarzschild a explicat cum ar putea să arate o gaură neagră.

În teoria relativității generalizate a lui Einstein, spațiul și timpul

sunt în legătură și se comportă împreună ca o vastă

suprafață de cauciuc. Gravitația deformează

această suprafață în funcție de greutatea

obiectului. O planetă grea va fi

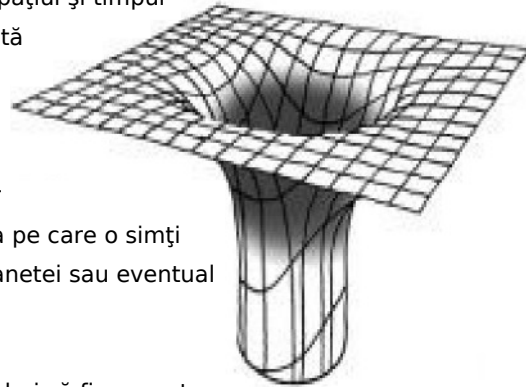
într-o groapă adâncă în suprafața spațiu-timp, iar

atracția gravitațională este echivalentă cu forța pe care o simți

când aluneci în groapă, căzând spre suprafața planetei sau eventual

atras într-o mișcare orbitală.

GĂURI NEGRE



Așadar, ce este o gaură neagră? Aceasta ar trebui să fie un puț

adânc și de abrupt, încât orice se apropie suficient de mult cade drept înăuntru și nu se mai poate întoarce.

Dacă treci la mare distanță de o gaură neagră, traiectoria s-ar putea să îți fie curbeze spre ea, fără să cazi, însă, înăuntru. Dar, dacă treci prea aproape, atunci vei ajunge pe o spirală care te aruncă înăuntru. Aceeași soartă ar avea-o chiar și un foton de lumină. Distanța critică dintre aceste două evoluții posibile se numește „orizont de eveniment”. Orice ajunge dincolo de orizontul de eveniment se prăbușește în gaura neagră, inclusiv lumina.

Căderea într-o gaură neagră a fost descrisă ca „a fi întins ca o macaroană”. Deoarece marginile sunt atât de abrupte, gradientul gravitației este extrem de puternic într-o gaură neagră. Dacă ar fi să cazi cu picioarele înainte, atunci picioarele tale ar fi atrase spre interior mult mai puternic decât capul, iar corpul ți s-ar întinde ca un elastic. Adăugă mișcarea de rotație și vei fi întins ca o gumă de mestecat într-o viitoare de spaghetti. Un mod foarte neplăcut de a muri. Unii savanți și-au bătut capul cum ar putea fi protejat un ghinionist care dă întâmplător peste o gaură neagră. O modalitate de a te proteja pare să fie

1965

Sunt de Knut și Juri

1967

Whitehead și
redenumirea teoriei
irighețării juri

anii 1970

John Wheeler
și colaboratorii
ne mapări.

Evaporare

D'K'f'f!. ■/! c:r.:rl;.:'. ri..rii\ rjftmli- iurg, Ir cerrir
 urmi, -n V«i 19TO,
 Stff/ien Htwwkg □ sugerntch gjiurilr „rgi: mi
 Btint Cpmfint i^igr-: ci rad mé pnrtcufy rn □
 consecința a r'nrf.q17i-n.mnhnr în žir rtf.med !!
 <: p ::rz:n řrcpLit maní în-gni.Ti i llÜkj'IS Üc
 nrťci'irvii irl ampíiT cu Lczii rn::rj.3 riuiini !■ ■
 ■::j'i ■; i ::■ i.- ? : n¹": Tj.:i i i ::■ ■ ch. ci ■
 11:::Lci. i ■ fi nrjpi:rl.ž:ijni!! CmsgjynFAtnun?
 is:r-ib::n: Dări acest; lucru M nt/ín'pM
 "ri :iynx:ii'T.n ÎXiMTildui Js weriifiÉñt, fitufiCi,
 2019/10/11

ir,i rirtra pn".i: u ; T-ii^Üjc i: ■ iK^ticbnr docil
 pe rarii cu ei i:nd:: induntru Pentru :.n DSK'v
 i¹ :■ ■ !xl :.m gm.m r.icjri! ::.IT; ; .* i;-jil,l
 lYiri.rjh- nunte radťťie Hťffliciy 4ci w-tn energii
 rodați .Trcw.:Jrři ni:::i:rrri i giyn İcnusUi idea
 este dtócSndaLB în Atadul de tvrâ ț "itosii n.j
 fte CL žiiiv.'iml ca sa irtüni .11:: c g.urP nsag-
 fi ip:ji! r/i r:/ ..."l. p nnvrntă ctii7V..il.1 fri
 pjťjrs ■u^raczti i'.l ■ iT-^nlz prtrz!!: dint'ivii.
 ^n-nrl...' n-ulr, nťn ni rjdurlr "cgr pr.rsiiTtr "n
 jirul -ninr.i

pu rt a rea unui inel magic de plumb. Dacă. Inelul ar ii suficient de dens fi de greu, cl ai putea contracarB gradkntul gravitație],lalvăndu-ți forma-și viața

Sigili jŭwNtfi; Numele de „gaură neagră" a fost găsit de John Whceler, în 1967, ca P alternativă mai atrăgătoare dc a descrie o slcb înghețată Existența stektor înghețate a fast anticipată din anii 19W, dc teoriile lui Einstein și SchwHnschild. Din cauza comportamentului neobișnuit al spațiului și timpului în apropierea unui orizont de eveniment matena strălucitoare care cădea înăuntru părea sa încetinească în timpul procesului, deoarece razeioi de Lumină le lua din ce în ce mat mult timp să ajungă la un observataice privea de la distantă. Odată ce materia trecea de orizontul de eveniment, acest observator exterior o vedea înghețată în clipa atingerii liniei respective, ca cum timpul s-ar fi oprit în loc. A fost pensă existenta stelelor înghețate, încremenite parcă în timp În momentul prăbușirii dincolo de oniontul de eveniment. Astrovincianu] SubiahmanyancTiandcasekhar a prezis că stelele care au o masă de cel puțin 14 uri mar mare decât a Soarelui se vor prăbuși, în cele din urmă, într-o gaură neagră; cu toate acestea, dat fiind ptInclplul de excluziune al lul Taull (vezi p. nobťtlm acum ci stelele neutronlc* sj piticele albe sa vor prăbuși în ele inele ca efect ai presiunii cuantice, așadar, pentru formarea unei găuri negre, este nevoie de o masă de trei on mai mare decât a SoareluL Dovezi ale existenței acestor stele înghețate sau găun negre au fost descoperite abia în anii 1960.

Dacă găunk negre absorb lumina, atunci cum le putem vMbb.cb să știm că

GĂURIhEGRE

sunt acolo? Exiști două modalități, în primul rând, le poți vedea daiorilă
faptului că

atrag spre ele alte corpuri. În al doilea rând, gazul cald care cade în ele se poate încălzi și strălucește înainte să dispară. Prima metodă a fost folosită pentru a identifica o găină neagră ce stă ascunsă chiar în centrul galaxiei noastre. Stelele care trec prin apropierea ei au fost văzute mai întâi accelerând, iar apoi aruncate

spre exterior pe orbite alungite. Gaura neagră din Calea Lactee are o masă de milioane de ori mai mare decât a Soarelui, îngheșuită într-o regiune cu raza de doar 10 milioane de kilometri (3D de secunde-hjmmăli. Găurile negre cu stau ascunse prin galaxii sunt numite găuri negre supermasive. Nu știm cum s-au format, dar ele par să afecteze modul în care evoluează galaxiile, așadar, s-ar putea să fi fost acolo din prima clipă sau poate s-au format prin colapsul a milioane de stele într-un singur punct.

**GĂURILE NEGRE DIN NATURA
SUNT CELE MAI PERFECTE
OBIECTE MACROSCOPICE CARE
EXISTĂ ÎN UNIVERS: SINGURELE
ELEMENTE DIN CONSTRUCȚIA
LOR SUNT CONCEPTELE NOASTRE
DESPRE SPAȚIU-TIMP,**

Subliniați în text <și ați născut în 1916, 1915

A doua metodă de a „vedea” o gaură neagră este prin intermediul luminii care vine din gazul fierbinte ce cade în interior. Quasarele, cele mai luminoase obiecte din univers, strălucesc datorită gazelor supte în găurile negre supermasive din centrele galaxiilor îndepărtate. Găurile negre mai mici, care au masa doar de câteva ori mai mare decât a Soarelui, pot fi identificate cu ajutorul razelor X emise de gazele ce cad în interiorul lor.

Găurile de viermi Ce se află la fundul unei găuri negre în suprafața spațiu-timp? Se termină ele cu un vârf ascuțit sau sunt propriu-zis niște găuri, niște străpungeri ale suprafeței? Dar teoreticienii s-au întrebat și ce s-ar întâmpla dacă aceste capete ar atinge 0 temperatură? Vă puteți imagina două găuri negre alăturate ca niște tuburi lungi care ating suprafața spațiu-timp. Dacă tuburile s-ar uni la capetele, s-ar forma un fel de conductă sau o gaură de vierme între cele două găuri negre. Înarmat cu inelul magic, ați putea atunci să săriți într-una din găurile negre și să apăreți brusc din cealaltă.

Idee de bază capcane pentru lumină

3 Paradoxul lui Olbers

De ce este întunecat cerul nopții? Dacă universul ar fi nesfârșit și ar fi plin totdeauna, atunci ar trebui să fie la fel de strălucitor ca Soarele, și, totuși, nu este așa. Limitarea numărului de stele este o realitate și implică faptul că universul are dimensiune și vârste limitate. Paradoxul lui Olbers a deschis drumul către cosmologia modernă și modelul Big Bang,

Ați putea crede că este greu să cartografiazi întregul univers și să-i treci în revistă istoria, iar pentru asta ar fi nevoie de sateliți costisitori în spațiu, de telescoape uriașe pe vârfuri de munte sau de un creier ca al lui Einstein. Dai, în realitate, dacă ieși afară într-o noapte senină, poți face o observație punct cu punct, la fel de profundă ca relativitatea generalizată. Cerul nopții este întunecat. Chiar dacă uneori luăm acest lucru ca fiind ceva normal, faptul că noaptea cerul este întunecat și nu strălucește la fel ca Soarele spune multe despre universul nostru.

Sirii și lunile. Dacă universul este infinit și plin de stele, atunci în orice direcție am privi am vedea până la urmă o stea. Orice punct ar reprezenta pe suprafața unei stele. Pe măsură ce ne-am îndepărta de Pământ, din ce în ce mai multe stele ar umple cerul. Este ca și cum am privi printre copacii unei păduri - în apropiere poți distinge trunchiurile individuale ale copacilor, cu atât mai mari cu cât sunt mai apropiate, însă din ce în ce mai mulți copaci îndepărtați ar umple câmpul vedem. Astfel, dacă pădurea ar fi suficient de mare, nu ai mai putea să vezi peisajul de dincolo de ea. Asta s-ar întâmpla și dacă universul ar fi infinit de mare. Chiar dacă stelele sunt mult mai distanțate decât copacii, până la urmă vor fi suficient de numeroase ca să blocheze tot câmpul vizual.

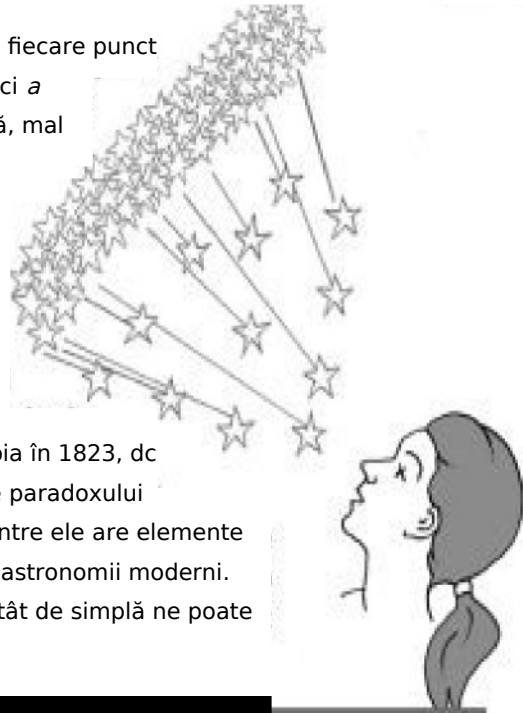
PARADOIUDLBERS

Ktplr r ob^rvi Uj ctffil
noptii Eile inlunELat

tjlhprf. farrri. Irai ;::rjco:<L
[jrf jvra '-a ii paartr nurrrlr

PARADOIUDLBERG

Dacă toate stelele ar fi asemenea Soarelui, atunci fiecare punct de pe cer ar fi umplut de lumină de stele. Chiar dacă o stea izolată din depărtare ar fi mai puțin luminoasă, mai există multe stele la distanța respectivă. Dacă se adună lumina de la toate acele stele la iei de strălucitoare ca Soarele, afund tot cerul nopții **ar** trebui să strălucească **și el**.



Este evident că lucrurile nu stau așa. Paradoxul cerului întunecat a fost observat de Johannes Kepler în secolul al XVI-lea, dar a fost formulat abia în 1823, de către astronomul german Heinrich Olbers. Soluțiile paradoxului sunt profunde. Există câteva explicații pentru fiecare dintre ele, care sunt acum înțelese și adoptate de astronomii moderni. Dincolo de aceasta, este uimitor că o observație atât de simplă ne poate spune atât de multe.

Cer întunecat

rumutettp [:"T;H! inl...:cni1. :ji: nojptE a
dnvenlt d n cu în <:u m || greu rlr nbnarrat, dir,
nniiAi străluciri hjinilnr dir or-oțcc rr.ir.L'V! Ci o
lungu isiar :■ -i; ; :-în; niimiru cari! tu pin uit
bolta nu nutul. uniiin. rlr n ! ■...rr:/ țul
r.rtlui, :r. Fnl du ctilon-.l vertebroli
strtUutrtBers. alcBLuiLă din alele AcadâW a
Tusl rufnii CBkSa l.ai/Lee, iw ifcuffl fitim crin::
ne i.llim ki r i. nii pr.rr< iș:n: pl:v..l rantral ni
rp.nx.fli ntjgrtrg în urmi cu 50 dii o' r-ii dc ..! :fl
ve-r Csuti w.ur :-x:li! nn. .t."liui tem j:tdp t:h nr
-r s nnr irvrfi. 'n i cir nnasti i: c>n ora" QClj

dneft *1 mai vitrf cifruri iitnlu și ctwr și când d n
yni ir c n.raln este vcnpmr cc :.n iii :g jȃbocii
lrr-'iqim: i ::ar:: B inspirat ge^arațilt de dini:
nten uun'Irâ este dn ce tn ::e mi!! rstnripal.â
Principahl VKvmittl 'lfi: /'tii bi'CLir ■■ 'i.r::c.
iin pn t.i/.l ■:■! sndi.. '■■ spui ■ il rdiii! cniYi
ris pear Un ■■■:!! proiectând n ?i în !i.n. -ci
dcir'n jsai Gr-fxin din trml.ii lbTir-;, i...r
i !!;ti! '!.ccințHi Inljr-mLiD-'i. 7nrk Škv. d f i ;i
- jxirtr; 5 nnlmr...rr. Fnr n :un
1 nmcsnii prnt" 1 mdur<"i";j pndilr „T -cm ■
ntȚVcl !rc:ni. jii puljrn [inc și în rwtimi:/X! !i:xr
ijnivr ;... esterini*

191|

VfestDihphrr măiaară drphsă' 'r iprr roju .1 e U.iljxiilm.

Eviilka!

RdgnrAllb'i Fm?. n jx^imjl "nu în pmrfi din fmip n ohimrjnt

Dk.1 .qij7cr. i.uri'.;i n 'i ■!; .hrffr " r" ?.-,i niunnr fnna.?V.V rrrn?^1.. :TT trrixii srf riL' n,nî?.'\$ cu □ lt*ni'x?7.:/if.ii unifhn?;.! r.'i jccrr?..? înUiibirA în cp/ij pmtrv pi nu rir nur.i.ri friiŧta fiŧjr.. ;iijt rup yfl pyrtci. în în.¹ ./ir:cj *f.nida* în rjm? ?.> nu fii? §¹ □ 5:cim Apprinv; rtabl ii'rrt pŧi?.'?;'.;] .-îtnm dn ibrmn .-jîn^u-ui nod în t .."r¹ nrr pui. .; xp.'ir: unu¹ nr corr ir'iercnKpiiiiifl nnfiî'.n: i¹ ini. S'.insc ■-

ijr-., '1' ;>, ■ tnrij. \ . ■ ■ ■ fi siprT.-u;?!~. ■ ■ ■ ■ ■ . :..1

r;-"r! . 'inti ■'■7 *pri* i,1 .la fiyndfsLi *r;,:s h:!* n înr. atol n'r rr.'în. m-*.fiŧ. nif<n rarii*
dr Ajrtiin# iii! d ny *n* ini.il la npr.

SITârŧitul este HprQdpe huna explicaŧie ai fi că universul nu «te uifimt de mare. El trebuie să ae oprească undeva Aşadar, în univers trebuie să fie un număr limitat de stele şi nu voii întâlni o stea pe toate liniile de vedere. La fe], dacă stal în apropiere de marginea unei jridurt sau într-o pădure mică, poŧi vedea cerul de dinario dc ea.

O altă explicaŧie ar putea ii aceea ca stelele îndepărtate sunt puŧine la număr, astfel încât ele nu pot da împreună, atât de multă lumină. Deoarece lumina călătoreşte cu o viteză bine precizată, lumina de la stelele îndepărtate are nevoie dc mai mult timp ca să ajungă la nod decât lumina de La ibddi din apropiere, Lumina emisă dc Soare ajunge la noi în opt minute, dar este nevoie dc patru ani în cazul lumlnu de la cea mai apropiată stea, Alfa Centauri, şi de până La 100 OoO dc ani pentru lumina stelelor din cealaltă part«a galaxiei noastre Luminii de la galaxia din imediata noastră vecinătate, Andromeda, ii ia două milioane de am ca B4 ajungă la noi; acesta este ce] mai îndepărtat obiect pe care îl putem vedea cu ochiul liber. Aşadar, cu cât ne uităm mai departe în univers, privim şi înapoi în timp, iar stelele îndepărtate ne apai mai tinere decât cele din apropiere. Acest lucru ne-ar putea ajuta cu paradoxul lui Dlcrs, dacă acele stele mai tinere ar deveni până la urmă mai rate decât stelele de tipul Soarelui, din apropiere. Stelele asemănătoare Soarelui trăiesc clica 10 miliarde de ani fcele mal mari au viaŧă mai scurta decât cele mici), aşadar faptul că stelele au o durata de viaŧă fimtâ ar putea şi el sa explice paradoxul. Stelele încetează să existe înaintea unui anumit moment, altele nu s-au născut încă. Aşadar, stelele nu au eoastat ŧîntotdeauna.

PARADOXUL

faptul că stelele îndepărtate apar mult puțin strălucitoare decât Soarele poate fi explicat și prin deplasarea spre roșii. Expansiunea universului „întinde” lungimile de undă, făcând lumina de la stelele îndepărtate să pară mai puțin. Așadar, stelele aflate la mare distanță par mai reci decât stelele din apropiere. Acest fapt ai putea, de asemenea, să restituești cantitatea de lumină care ajunge la noi din «le mai îndepărtate pini ale universului.

Au fost avansate și ideile: năstrușnice, cum ai fi că lumina de la distanță ar fi blocată de poluarea produsă de civilizările extra-terestre, de ace de fier sau de un ciudat praf cenușiu. Dar orice lumină absorbită ar fi radiată din nou sub formă de căldură, așa că tot ar trebui să apară undeva în spectru. Astronomii au verificat lumina de pe oculusul nopții pe toate lungimile de undă, de la undele radio la razele gamma și nu au depistat nici un semn că lumina stelară vizibilă ar fi blocată.

Unksmil, la juin^iilfiH drumului Astfel. simpla observație că noaptea cerul este întunecat ne spune că universul nu este infinit. El există de un timp limitat, are dimensiuni finite, iar stelele pe care le conține nu au existat dintotdeauna.

Aceste idei stau la baza cosmologiei moderne Căci mult bătrâne stele pe care le putem observa au vârsta în jur de 3 miliarde de ani, așadar știm că universul trebuie să se fi format înainte de acest moment. Paradoxul lui Olbers sugerează că nașterea universului nu a avut loc cu mult înainte, pentru că altfel ne-am putea aștepta să vedem multe generații de stele mai vechi, ceea ce nu se întâmplă.

Galaxiile îndepărtate sunt, într-adevăr, mult mai puțin strălucitoare decât cele din apropiere, din cauza deplasării spre roșu, ceea ce le face mult mai greu de observat cu telescoape optice și confirmă că universul este în expansiune. Cele mai îndepărtate galaxii cunoscute astăzi sunt atât de roșii încât devin invizibile și pot fi observate doar în infraroșu. Așadar, toate aceste dovezi susțin ideea unui Big Bang, adică a universului născut dintr-o explozie uriașă, în urmă cu aproximativ 14 miliarde de ani.

PARAD0WDL8ERS

Idee de bază universul nostru finit

Legedül Hubble

Edwin Hubble 3 iust primul care și-a dat seama că toate galaxiile de dincolo de galaxia noastră se îndepărtează de noi. Cu cât se află mai departe, cu atât mai repede se îndepărtează, conform legii lui Hubble. Această descoperire galactica a fost prima dovadă a expansiunii universului și a descoperire ulterioare că ne-a schimbat cu totul concepția despre univers și despre dimensiunile lui.

Deducția lui Copernic din secolul al XVI-lea, că Pământul se mișcă în jurul Soarelui, a provocat consternare generală. Oamenii nu mai erau în centrul

Universului. Dar, în anii 1920, astronomul american Edwin Hubble a făcut măsurători cu telescopul care erau mai neliniștitoare. El a arătat că universul nu este static, ci se extinde. Hubble a calculat distanțele până la alte galaxii și vitezele acestora, față de Calea Lactee; el a descoperit că toate galaxiile se îndepărtează de noi.

ISTORIA ASTRONOMIEI ESTE ISTORIA A ORIZONTURILOR CARE SE LĂRGESC.

[Edwin Hubble, 1933]

Suntem atât de nepopulați în cosmos, încât doar câțiva vecini foarte apropiați se mai apropie de noi. Cu cât galaxia este mai îndepărtată de a noastră, cu atât se îndepărtează mai repede, cu o viteză proporțională cu distanța la care se află (legea lui Hubble). Raportul dintre viteză și distanță este întotdeauna același și se numește constanta Hubble. Astronomii din zilele noastre și-au stabilit din măsurători o

valoare apropiată de 75

de kilometri pe secundă pe megaparsec (un megaparsec sau un milion de parseci este echivalent cu 3×10^{22} m). Așadar, galaxiile se îndepărtează constant de noi cu această valoare.

Prima dezbateră înainte de secolul XX astronomii abia dacă înțelegeau galaxia noastră. Ei au studiat sute de stele din întinșimeți și au observat și că este presărată cu numeroase pete de lumină slabă, numite nebuloase. Unele

3GIE

19111 d.Hr.

1920

Ve^to Sliph^r
nj«urj drpi.i ;aiEi
jjpre rajuj nsbj

li i j pey j: Curt i\ pur. İn dej te Jter
r dlnMNHijFii EQII LÜLIEE

LEGĂMÎNTUL

dintre aceste nebuloase sunt nori de gaz asociați cu nașterea și moartea stelelor. Dar altele arătau diferent Unele aveau forme spiralate sau ovale care sugerau că erau mai regulate decât un nor.

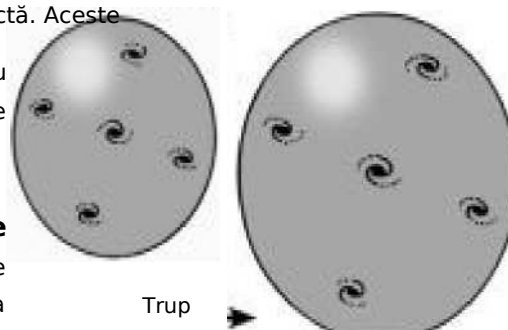
În 1920, doi astronomi celebri au susținut o dezbatere privitoare la originea acestor pete. Harlow Shapley a argumentat că tot ceea ce se află pe cer ar face parte din Calea Lactee, care constituia întregul univers. De partea cealaltă, Heber Curtis a opinat că unele dintre aceste nebuloase erau „universuri insulate” sau „universuri” externe, din afara propriei noastre Căi Lactee.

Termenul „galaxie”¹ a fost introdus abia mai târziu, pentru a descrie aceste

universuri nebuloase. Ambii astronomi au adus dovezi în sprijinul ideilor proprii, iar disputa nu a fost tranșată pe loc. Cercetările ulterioare ale lui

Hubble au arătat că viziunea lui Curtis era cea corectă. Aceste

în spirală erau într-adevăr galaxii **externe** și nu se aflau în Interiorul Căii Lactee. Brusc, universul se desfășura într-o țesătură unașă.



Definiri

spre

descrierea Hubble a fost folosită de telescopul Hubble de 100 de
inchi de la Mount Wilson ca să măsoare lumina de la
stelele ce licăreau în nebuloasa

Andromeda, despre care acum știm că este o galaxie în spirală care seamănă mult cu
Calea Lactee și face parte dintr-un

grup de galaxii asociate cu a noastră. Aceste stele care licăresc sunt stelele variabile
Cefeide, după steaua-prototip identificată în constelația Cepheus, și

reprezintă și acum repere extrem de valoroase pentru distanțe. Intensitatea reperiilor în
timp ale licăririi sunt legate direct de strălucirea intrinsecă a stelei, așadar.. odată ce știi
cum anume variază lumina stelei, știi și cât este de strălucitoare. Călcând pe strălucirea,
poți estima apoi cât de departe este, deoarece distanța îi estompează luminozitatea. Este
similar cu a observa un bec de 100 W aflat la distanță și a determina cât de departe este
prin comparația cu un bec de 100 W **afat** în fața ta.

1922

Alexandru Lăzărescu a publicat
modelul Big Bang.

1924

Sunt disponibile r. triffir
năbilă LE'CIJE.

1929

Mușterile și furturile au auzit
de KâpBta kgei lid l lu'ub 1".

Telescopul Spațial Hubble

Tjltjstnpj Spnt. ;il Hubble ofÄK.cu sigur-'inLi'i.
ral r,n pnr.-Hnr n.iLr :i. rii! iibnr-vnl. c 'nrwnt
wnx-inl.r UmitjCf~!lr lu Fnlogriif' fci j ■■■luj::--
il. ■ "ir:)rt'i' ■■ ş. c.!-::LH- njiir.l irjiliinr tjj
npflmt po prmoln png fil oH Tijtnr pnre şi
ruvfata rl r JLiiftiii ?j iLl nr:i l armat ir- 199C, tir
pi nr.'.flta spnt :i.il '.n!.v:rjK!.7y ■.TT::ijLi
ngotigl ="T! Climcns .ini apröpiffa de: Dfli un..
Tulnb.,7 ::u 1.1 rratn .m.; T.r,
4 rrrnl.r is? fi g girutnljC! da 11 tnfrt i'l
tnri^xirUi un trles-nn Bahrijnorrtrt şi cânji
□■/.irirlii iit iliiin"! . i-:c 2,4 fnatri şi n țari: irfjT
ig* .ii: nanans virir» 51 dc rirjuztnmi

r ;ir.LrT"".:ti! capabila şi îhrapKtrtic cg □ ; ,ir
r/mr^hiL!l. inogni în mrrnjI iri/it' . irirgvcint şi
nFrphJipj Fortjii ■-rlrx-incipu'.ii l-lubbk? ştiîh
kjcrlfTaiup riruni^Tn vbn^tFqrgi : nrviifrr.
n^ .Qil irir.it fc/.i ig-iüi t li flU sunt ilsloc
j"ciYttriitE -lnhb<! n-fl a frnhfttrfinrt, rir wnnvi
ui 1 'il.r gurft 55 nr purrm r 1 4ASA ! ■!
■ ;iLu::ii irii.r..rr !nL:'a hi zi. :i:i' irl.n .i:: . 1 a-
F nnwir i:: o npytjJ tpptiglj tğ tióip^ u'nnn Ca
atu ltü varian tA ar fi tirmiriarea pTjgrgrfflm irr
Lrniicnp.:! p* urni: unu n.l fin mo:::..: Ir. Edl t
resimt. [ir"L.i.. ; ;!::■■■ ■ l.r ■ ikij Fni fig
priMxipt cWtrDMjhTÉi Ocnrin

În acest mod, tiubble a măsurat distanța pini ia g^laxja Andicftiidi. JUxuta tn
mai itUe decât dimensiunii Cău Lactee, p ja cum a firet CFfLmatĂ de Shapley,
ded Andjoiv.eda trebuia să sa af.c în afara ei. Rezultatul a fost unul
ravuluționai.

**LE GĂSIM MAI MICI ȘI MAI
ȘTERSE. ÎN NUMERE OIN CE ÎN
CE MAI MARI, Ș3 UE DAM
SEAMA CĂ AJUNGEM OIN CE
ÎN CE MAI DEPARTE ÎN
SPAȚIU, FANA CÂND, ODATA
CU CEA MAI SLABĂ
NEBULOASA CE POATE H
DETECTATA CU
TELESCOAFELE
CELE MAI MARI, ATINGEM
FRONTIERA UNIVERSULUI**

Însemna că untvenul eta vast pl umplut pl de alte
galaxii sundaje Căii Lactee. Dacă plasarea Soarelui în
centrul unrvsLilui a nemulțumit biserica 31
sensibLlitățileunor oameni, jdecâderea" Căii Lactee la
statutul dc una dintre milioane dc altegalarcii a fost o
lovitură fi mai puternică pentru egocentrismul uman.

Hubble E-a apucat apoi să calculeze distanțele până La
multe alte galaxii. Ei a descoperit totodată în lumina
ce venea dc la ele 0 deplasare spre țopi ce creștea
odată cu distanța. Deplasarea spre roșu este similară
deplasănl Doppler în cazul unul obiect în viteză (vezi p.
jfi). Constatarea ca frecvențele luminii, cum ar fi

tranzițiile atomice ale hidiogcnuluL erau toate mai roșii decât ar

fi de așteptat Înseamnă că Toate aceste galaxii sc îndepărtează de noi, așa
cum scade tonalitatea sirenelor unor ambulanțe ce sc giâbesc în depărtare
Părea foarte ciudat că toate galaxiile sc îndepărtau cu viteză, iar spre noi se
mișcau doar cătcvu, „locale”. Cu cât privești mai departe, cu atât mai repede
se îndepărtează. Hubble a mal consfăit că galaxiile nu sc îndepărtau doar

SPÄTSITIMP

de noi. ceea ce ar fi făcut ca locul nostru în univers să fie într-adevăr unul privilegiat, în schimb, ele se

LEG3AJHUBBLE

îndepărtau, cu toatele, una de alta Hubble atrăs concluzia că universul însuși este în expansiune, umflându-se ca un baton uriaș. Galaxiile sunt ca niște Pete pe acest balon, îndepărtându-se una de alte pe măsură ce se adaugă act.

(Ial de dlt^irtC, CAl de lepede? Chiar și astronomii de astăzi folosesc stelele variabile din Cefeide pentru a cartografia expansiunea locală a universului. Măsurarea cât mai precisă a constantei Hubble a fost și este un obiectiv major. Pentru asta, trebuie să știi cât de departe se afla ceva și să-i cunoști viteza, sau deplasarea spre roșu. Deplasările spre roșu sunt simplu de măsurat din spectrele atomice, frecvența unei anumite tranziții atomice în lumina unei stele poate fi comparată cu valoarea ei determinată în laborator; diferența dă deplasarea spre roșu. Distanțele sunt mai greu de determinat deoarece trebuie să observi, în galaxia îndepărtată, fie ceva căruia îi cunoști lungimea de undă, fie căruia îi cunoști strălucirea reală - un fel de Junună standard '.

Există mai multe metode pentru a deduce distanțele astronomice. Stelele din Cefeide funcționează foarte bine pentru galaxiile învecinate, atunci când pot separa stelele individuale. Dar mai departe este nevoie de alte tehnici. Toate tehnicile distincte pot fi legate pentru a construi un uriaș etalon pentru măsurare sau o „scară a distanțelor. Dar fiecare metodă vine cu particularități care fac acuratețea seini extinse să fie aproximativă.

Constanta Hubble este cunoscută acum cu o acuratețe de 1% la sută, mulțumită observațiilor făcute asupra galaxiilor cu ajutorul Telescopului Spațial Hubble și a radiației cosmice de fundal. Expansiunea universului a început în Big Bang, explozia care a creat universul, iar de atunci galaxiile se îndepărtează permanent una de alta. Legea lui Hubble stabilește o Limită pentru vârsta universului. Dacă urmărești expansiunea n continuă până în punctul în care a început, poți estima cu cât timp în urmă s-a întâmplat asta. Vârsta universului pare să fie în jur de 14 miliarde de ani. Această viteză de expansiune nu este, din fericire, suficient de mare pentru a distruge universul. Cosmosul este, în schimb, într-un echilibru foarte fin între a fi spulberat în toate părțile și a conține suficientă masă pentru a se prăbuși, până la urmă, în el însuși.

Idee de bază universul în expansiune

45 Big Bang

Crearea universului într-o explozie fenomenală a creat spațiul, materia și timpul așa cum le cunoaștem. Deduse din aparatul matematic al relativității generalizate, găsim dovezi ale exploziei Big Bang în distribuția galaxiilor de astăzi, în cantitățile de elemente de lumină din univers și în strălucirea microundelor care umplu Cerul

Big Bang este explozia supremă - nașterea universului. Privind astăzi în jurul nostru, vedem semne că universul se extinde și deducem că trebuie să fi fost mai mic și mai fierbinte în trecut. Concluzia logică este că întregul Cosmos și-a putut avea originea într-un singur punct. În momentul exploziei, spațiul, timpul și materia au fost create împreună, într-o minge de foc cosmică. Treptat de-a lungul a peste 14 miliarde de ani, acest nor fierbinte, dens s-a expandat și s-a răcit. Până la urmă, s-a fragmentat pentru a crea stelele și galaxiile care strălucesc astăzi în cerul

Nu fi uitați! Denumirea **Big Bang** a fost dată, de fapt în derâdere. Eminentul astronom britanic Fred Hoyle considera ridicolă ideea că întreg universul a crescut dintr-o singură sămânță. Într-o serie de prelegeri difuzate la radio în 1949, el a etichetat drept exagerată ipoteza matematicianului belgian Georges Lemaître, care descoperise această soluție în ecuațiile relativității generalizate ale lui Einstein. În locul acestei idei, Hoyle a preferat să creadă într-o viziune mai solidă asupra Cosmosului în Universul său cu o perpetua „stare stabilă”, materia și spațiul erau continuu create și distruse și astfel puteau exista un timp nelimitat. Totuși, indiciile s-au acumulau, iar, în anul 1960, imaginea statică a lui Hoyle a fost lăsată deoparte, dată fiind șirăbilitatea dovezilor care favorizau ipoteza Big Bang.

Universul și expansiunea Trei observații esențiale au asigurat succesul modelului **Big Bang**. Prima este constatarea lui Edwin Hubble, din anul 1910.

CRONOLOGIE

1927 d.Hr.	1929	1943
fi reman și Lemaître tabelele de distanță Bang.	Hubble determină raportul dintre distanță și viteză.	Este posibil să determinăm viteza de rotație a galaxiilor.

81G&AN

că majoritatea galaxiilor se îndepărtează de a noastră. Privita din afară, toate galaxiile tind să se îndepărteze una de alta, pe măsură ce pânza spațiu-timp se extinde și se strânge, conform legii Lui Hubble. O consecință a expansiunii este faptul că lumina îi ia puțin mai mult timp să ajungă la noi când călătorește printr-un univers în expansiune decât i-ar lua într-un univers în care distanțele sunt fixe. Acest efect este înregistrat ca o schimbare a frecvenței luminii, denumiți „deplasare spre roșu”, deoarece lumina recepționată apare mai roșie decât a fost atunci când a părăsit steaua sau galaxia îndepărtată. Deplasarea spre roșu poate fi folosită pentru a deduce distanțele astronomice.

Elemente ușoare Cu mult timp în urmă, în primele ore ale universului nou-născut imediat după Big Bang totul era înghesuit strâns laolaltă, într-un cazan care fierbea, supraîncălzit, în prima secundă universul era atât de fierbinte și de dens, încât mer măcar atomii nu erau stabili. Pe măsură ce a crescut și s-a răcit, a apărut mai întâi o supă de particule, plină de quarairi, glumi fi alte particule fundamentale (vezi p. 144]. După doar un minut, quarcurile se unesc pentru a forma protoni și neutroni. Apoi, în primele trei minute, chimia cosmică a amestecat protoni și neutroni, conform numerelor relative. În nuclee atomice Acesta este momentul în care alte elemente decât hidrogenul s-au format prin fuziune nucleară. După ce universul s-a răcit sub limita de fuziune, nu s-au putut forma alte elemente mai grele decât heliul. Așadar, universul inițial a fost plin de nuclee de hidrogen, heliu și de urme de deuteriu (hidrogen greu), litiu și beriliu, create chiar în Big Bang.

În 1940, Ralph Apher și George Gamow au prevăzut proporțiile elementelor ușoare produse în Big Bang. Iar această imagine a fost confirmată și de cele mai recente măsurători și observații ale stelelor cu ardere lentă și ale norilor primitivi din Calea Lactee.

194 1955

În 1945, Ralph Apher și George Gamow au prevăzut proporțiile elementelor ușoare produse în Big Bang.

Prințului. În 1955, U.S. National Academy of Sciences a publicat un raport care prezenta rezultatele măsurătorilor efectuate de George Gamow și Ralph Apher.

dezinerii lui Lorraine.

1992

Satelitul COBE măsoară radiația cosmică de fond din universul timpuriu.

Cionologia Big Bang

13,7 millardo de am f Bong J Acum (tampereturfi i
= 2 zftj x]

200 Ti! hoarw d b uni l¹-. -¹ . . |"
i Uli iurfi p gnr de hitlrogon animat (" E 3 K] jflU da
mu dnunl .Fmrnmbnonsa.' gruel de hdragen i:u
■ ■ iici.yt±* pnnl.'u fnrrm rrtlpcUn [T ■ 7 ODD K]
ID mil de ani ri-'S-'jil.iji r'ci dcimnatD tin mrimpi D*
= 12 ODD K]

1 DOO de Mkindo :MTji.ni" ::r. ■ ■ :tj

^BO&mJwneit]

18D de secund? dui ■ 'ii' ■ ■ hjji

: n niter : ■ ■ rrcn'.n riin hidrDgen (" - 1 IT llnrd K)

ID an Him do 'it. ir;-i - ■ ■ : ■ ■ ■ în-. A.l.-un
p:-.- :n/ [r _ 5 mnierde K]

lezuo-i- ii/ini |l m THli, link)

HOOTmteKWetfiMAni" .<-*0 rrola'i'" -: raii nkj 50
do miCTQoncurida f rh - Lr;- " .r 1. : qci'T-imr¹ i: "n
■ / zrnLs"

[l c 2 trlUoBM KI

ID picoaecundr J'iun d ■ ' ■ niui^ : ■ r ■ l.v.- : ■ '
rlrrctrutTuic-inlnfl

., rein nIKtrpslobH HO cUfmmnl,.cij?!

[T = t-E cvkMllmiw K]

lr>.i.nrp Mm-nra^nlp craij -irat. rtci nciirjto,"C9t
HinoStintalQ fiprnitr do fzKii sunt uvartfl

ați luat", a glumitei.

În teoria Big Bang, existența radiației cosmice de fond a fost prezisă în 1948, de către George Gamow, Ralph Alpher și Robert Hermann. Deși nucleele au fost sintetizate în primele trei minute, atomii nu s-au format decât după 10⁻⁴ de ani. Până la urmă electronii încărcate negativ s-au cuplat cu nucleele încărcate pozitiv, pentru 3 alături atomi de hidrogen și elemente ușoare. Înlăturarea particulelor încărcate electric, care împrăștiu și blochează calea luminii, a îndepărtat ceața și a făcut universul transparent. De atunci înainte, lumina a putut călători liber prin univers, permițându-ne să vedem până departe. Deși ceața din universul tânăr era inițial fierbinte (aproximativ 3000

Sirialuctrea microundelor

Un atom care susține teoria Big Bang este descoperirea, în 1965, a ecoului slab al exploziei înseși. Arno Penzias și Robert Wilson lucrau la un receptor radio din Laboratoarele Bell din New Jersey, când au fost contrariați de un semnal sonor slab, de care nu puteau scăpa. Se părea că mai exista o sursă de microunde care mutau din cer, echivalentul a ceva cu o temperatură de câteva grade.

După ce au discutat cu fizicianul Robert Dicke de la Universitatea Princeton din apropiere, ei și-au dat seama că semnalul lor corespundea previziunilor pentru mănăstirea Big Bang. Dăduseră peste radiația cosmică de fond, o mare de fotoni rămasă dintr-un univers foarte tânăr și fierbinte. Diete, care construiseră o antenă radio similară pentru a căuta radiația cosmică de fond, a fost mai puțin încântat: „Bineț nu-

C:TL



BgDjug

de grade Kelvin), expansiunea universului a deplasat spre roșu strălucirea acestuia, astfel încât azi o vedem la o temperaturi de mai puțin

de 3 grade Kelvin [trei grade peste zero absolut], Aste au observat Penzlas și Wtison. Așadar, cu aceste trei elemente fundamentale care nu au fost contrazise până acum, tona Big Bang este acceptată de către cei. mai mulți astrofizicieni. Câțiva dintre ei încă susțin rrdctul stărilor de energie stabile preferat de Frd Hoyle, dar este dificil să se explice toate aceste observații conform oricărui alii model.

\$03 rS H și trecut Ce **s-a** întâmplat înainte de Big Bang?

Între timp spațiul-timp a fost creat în Big Bang, aceasta nu este, de fapt o întrebare prea relevantă - este într-o măsură similară întrebărilor „unde începe Pământul” sau „ce se află la nord de Felul Nord al Pământului” Totuși, fizicienii matematicieni

aproximează prin ponderare factorul declanșator al Big Bangului în spațiul multidimensional (deosebi cu 11 dimensiuni), prin matematica Teoriei W și teoria coardelor. Acestea cerceteau fizica și energiile coardelor și ale membranelor în spații multidimensionale și încorporează idei din fizica particulelor și mecanica cuantică pentru a identifica un astfel de eveniment. Făcând paialck cu ideile fizicii cuantice, unii cosmologi discută, de asemenea, ideea existenței universurilor paralele.

**EXISTĂ UN PLAN
COERENT ÎN
UNIVERS, CU TOATE
CĂ NU ȘTIU PENTRU
CE ANUME**

În modelul Big Bang, spre deosebire de modelul sterilor de energie stabile, universul evoluează. Soarta cosmosului este dictată în mare măsură de echilibrul dintre cantitatea de materie ținută laolaltă de gravitație și de alte forțe fizice care o împrăștie, inclusiv expansiunea Săci gravitația câștigă. atunci expansiunea universului ar putea stagna într-o zi, iar universul ar începe să se prăbușească în el însuși sfârșind într-o secvență inversă a Big Bangului, cunoscută sub numele de marea contracție. Universul ar putea trace prin mai multe astfel de cicluri naștere-moarte. Ca o alternativă, dacă expansiunea și alte forțe repulsive leum ar fi energia neagră) câștigă, atunci acestea vor îndepărta toate stelele și galaxiile și planetele unele de celelalte, iar universul nostru ar putea sfârși ca un deșert negru de găuri negre și de particule, un „mare îngheț”. În final, mai există „Universul Ileana Cosânzeana”, în care forțele de atracție și cele de respingere se echilibrează, iar universul continuă să se extindă veșnic dar încetinește treptat. Este sfârșitul pe care cosmologia modernă îl indică drept cel mai probabil Universul nostru este exact așa cum trebuie.

Idee de bază explozia supremă

4 Inflatacosmic

De ce arală universul la fel în toate direcții? Și de ce, când razele paralele de lumini traversează spațiul acestea rămân paralele, astfel încât noi vedem stele distincte? Căci răspunsul este inflația - ideea că universul m-născut s-a extins atât de repede, într-o fracțiune de secunde, încât încrețirile sale s-au netezii, iar expansiunea sa ulterioară a contrabalansat gravitația.

Universul în care trăim este special. Când îl privim, vedem dar, fără distorsiuni, constelații și galaxii îndepărtate. Lucrurile ar putea cu ușurință să struie altfel. Teoria relativității lui Einstein descrie gravitația ca o curbură a spațiului-timp prin care razele de lumină trec pe traiectorii curbate [vezi p. 10]. Așadar, razele de lumină s-ar putea încălci, lăsa universul pe care îl

privim n-ar putea apărea distorsionat, ca reflexiile într-o galerie a oglinzilor care deformează. Dar, în ansamblu, în afară de deviația ciudată pe care o suferă când ocolește o galaxie, razele de lumină tind să rămână paralele. Călătorească în linii mai mult sau mai puțin drepte prin univers. Perspectiva noastră rămâne dară în tot spectrul vizibil.

SE SPUNE CĂ NU NISĂ D
NISI GRUINIRI.
DAR UNIVERSUL ESTE
MASA GRATUITA
SUPREMĂ.

Alun Cui h. n. 1947

Platitudine În teoria relativității se consideră suprafața spațiului-timp ca fiind curbată, astronomii descriu, uneori, universul ca fiind „plat”, ceea ce înseamnă că razele de lumină paralele rămân

paralele indiferent cât de departe călătoresc prin spațiu. La fel cum s-ar întâmpla dacă ar străbate o suprafață plată. Planul spațiu-timp poate fi descris ca o suprafață de cauciuc, în care obiectele grele se lasă să cadă și rămân în adâncituri din ea, fenomen care reprezintă gravitația.

G I E

19B1 d.Kr.

199

GLrthni te
ipcitw.i Inflației.

Sjrtet'h.j COtnn Bdcgrount! Explic l'CCJHE.j dlrct:Aj.i
priitele fierbinți și reCif l le minori tETiperaturj.

INFLATOSMICA

Geometria universului

r. i mir rm: Tl.chr: -vnții .iln r;;; TU-H r.mrr cr rlu i'c:T. E . m jrfi cem -v.H . '9t0 tfe i0r.Pi.rjl Ailkinszfl Micmweva An.sotmi fProbe fWMA't i" 2WJ3ti2(M6 W rțuțit iji njsnno; fk»rr.i : inul!. țnflfcHJ tjmp în iinTIT-!; "cnTirilixi rnflr m» ppticnkr Fip'rantj și r>ți ne mr,. yi ti riit:~nun:dif r.. L-gin' lo jniijnrvi! ki de Li":nn Aij Bang iii ftmcelsLriiajt M .."ivei nul ■■■!/: :■ ' 7hirir jLDB n nil liiir; dr n lurr;J ■■■'.rrst.ui yry'.irș, rp.m ö.,rnrwl riiliflnjq dc ani, r.i:v:ini. ■'h: dp ijm na țflni p.Tmcnc i■"■■iir : vh" rijffjr : pornii :

În realitate, planul spațiu-timp are mai multe dimensiuni decât puțin patru: trei dimensiuni spațiale și una temporală). dar acestea sunt greu de imaginat. Urzeala se extinde continuu, după Big Bang Geometria universului cite în ajă fel incit planul spațiu-timp rămâne în cea mai mare măsură plat, ea o masă, cu toate nucile adâncituri pl umflituii de ici-cokj.provacatedettparele materiei. Așadar, traiectoria lumina pnn univers esre relativ neafectată, cu excepția ocolului dudât în Jurul unui corp masiv.

Dacă ar fi prea multă materie, atunci totul ar trage țesătura în jos. iar aceasta s-ar îndoi și s-ar suprapune, inversând expansiunea în acest scenariu, razele de lumina paralele inițial ar converge până la urmă și s-ar întâlni într-un punct. Dacă ar fi prea puțină materie, atunci țesătura spațiu-timp s-ar întinde și s-at rupe Rarele de lumină ar diverge când ar parcurge-a Totuși, universul nostru **real** parcă să fie undeva **la** mijloc, **ni** suficientă materie cât să țină țesătura universului laolaltă în timp oc se extinde constant. Așadar, universul pare să fie perfect echilibrat {veri caseta).

Asemănare O trăsătură caracteristică a universului este aceea că. în linii mari arată **la** fel în toate direcțiile. Galaxiile nu se concentrează într-un loc **ci** sunt

2G03

SabsliUI Wilkin«n Mkiowjvi Aniut-ap^

Hrohe 2WMAHj trași320 reprimăira grafica a radiației t ry.rr ■::? df f'jnrhl

Radiație cosmică de fond

I have been thinking about you a lot lately.

lihrers

¹ IV Lxpjr-.' ■ an.:. Aşadar, există regiuni ale spaţiului pe care nu Ec vom

IV1L erau doar pete puțin mai dense în gazul rămas după K:g Bang Pata Bii: Bang a început să 50 prăbușească în ca însăși din cauza gravitației, alcătuiind stele și, ulterior, o galaxie Creșterea semințelor inițiale supradense de galaxii a fost declanșată de efecte cuantice, modificări minuscule ale energiei particulelor din universul enrhonar. fierbinte Dar acestea s-ar fi putut

INFLAȚIISMICĂ

amplifica formând pete mari de **galaxii**, ca petele da pe pielea unei vad, nu galaxiile imprăftiate pe care ■£ vedem ari în distribuția galaxiilor simt mal multe mușuroaie de cârțița decât câteva piscuri de mUnți.

Mugin **de creștere** frobtema platitudinii, a orizontului și a netezimii universului poate fi rezolvată prlntr-u idee: inflația. Inflația a fost elaborată ca soluție în 1⁸¹, de către fuieianiii american Aian Guth hobltTTia ori wnWlu.i, aceea ci untrecMluH la fel în toate direcțiile, chiar dacă este prea maro pc un L ca în el să se transmită această Informație, implică faptul că La un moment dat, universul a fost atât de mic încât

lumina putea comunica în toate zonele sale. Pentru că nu mai este așa. înseamnă că s-a extins rapid până La universul proporțional mar mare pe care il vedem acum. Dar această perioadă de inflație a fost, probabil extrem de rapidă, mult mai rapidă decât viteza luminii Această expansiune rapida, dublarea într-o fracțiune de secundă, urmată de noi dublăm, a provocat ușoare vatrațu de densitate imprimate de fluctuațiile cuantice, la fel cum un model desenat pe un balon care este umflat devine mai șters. Astfel, universul devine neted. Îrocesui inflaționist a echilibrat, dc asemenea, gravitația ii expansiunea finală, continuând într-un ritm mult mai lent. Inflația a avut loc aproape imediat după Big Bang secunde mat târziu).

Inflația nu a fost în că dovedită, iar cauza u nu este încă bute înțeleasă - există multe modele și teoni -. dar Înțelegerea sa este un obiectiv al următoarei generații de experimente cosmice, între care întocmirea unor hărți mai detaliate ale radiației cosmice de fond și a polarizării sale.

EȘTI FANTASTIC SA ÎTI DAI SEAMA CA LEGILE FIZICII POT DESCRIE CUM TOTUL A FOST CREAT DIN NIMIC, PHINTB-0 FLUCTUAȚIE CUANTICA ÎNTÂMPLĂTOARE, ȚI CUM, DE-A LUNGUL A15 MILIARDE DEANT, MATERIA S A PUTUT ORGAN^A ÎN MODURI ATÂT OE COMPLEXE ÎNCÂT AVEM FIINȚE UMANE STÂND AICI VORBIND, FĂCÂND INTENȚIONAT LUCRURI.

idee de bază mugure de creștere cosmic

4 Materia întunecată

7 Nou-ăzeci la sută din materia din univers nu strălucește, ci este întunecată. Materia întunecată poate fi detectată datorită efectului ei gravitațional, dar interacționează foarte puțin cu undele luminoase sau cu materia. Științii cred că ar exista sub formă de MACHO, stele moarte și planete gazease, sau WIMF, particule subatomice cotice - căutarea materiei întunecate fiind domeniul de frontieră al fizicii.

Nașterea de materii întunecate sună ciudată și poate că este, dar definiția arată destul de prozaic. Cele "A"; multe iucun pe care le vedem în univers strălucesc deoarece ele emit sau reflectă lumina. Ele luminează emițând fotoni, iar planetele strălucesc reflectând lumina Soarelui fără a avea lumină, pur și simplu, nu au sursă proprie. Când Luna trece prin umbra Pământului este întunecată când stelele din spatele ei lasă puțină lumină prea puțin pentru a fi văzute; chiar și planeta mare ca Jupiter ar fi invizibilă dacă ai fi lăsată liberă să răătăcească mai departe de Soare. Astfel încât, în practică, poate că nu este o mare surpriză faptul că partea cea mai mare a universului nu strălucește. Este materie întunecată.

Până în urmă cu puține zile. Deși nu putem să vedem materia întunecată direct, putem totuși detecta masa prin intermediul atracției gravitaționale pe care o exercită asupra altor obiecte astronomice și asupra razelor de lumină. Dacă nu am ști despre existența materiei întunecate, nu am putea deduce prezența deoarece gravitația ei modifică puțin orbita Pământului. Modificările orbitei induse de gravitație, aplicate unei stele, au fost folosite chiar și pentru descoperirea planetelor din jurul stelelor îndepărtate.

În anul 1930, astronomul elvețian Fritz Zwicky și-a dat seama că o aglomerare gigantică de galaxii apropiate se comporta într-un mod care implica faptul că

1975

Verj Raiuri derra Arifhead și rațitu galaxie este r F uenlala de n: jleriūIntLreLit.!

iwiiky ni'.oa'j materii
Intru nouți dlfidusteniil
Coma.

Buget de energie

Aotjzi țtir*î cfl dorar lțirux mnt-v ;r n:3L.i"în din xiruui■■■■■; <înhi; nLtiLurtji
il n hun.'ini [mqtbne normali :iirpn¹ ;il din pnQtOCu țî rn?:jkiTiri;I A 1." i:..n^b. nipn²?:: iril.i: :ir miticii! "luni'iiiiitfi
iixnl.i:!!" !l. "n nii □::<>!!■' 'i " i i ii .il["i:iiiitâ din hn~':m. F!■!:: rini nifi: I n.l "ji:j' ir ir i.a n-sl.i' nlr.Y idi.'i ilir ar
puLc.n R nun. culc di l.ıD WIM³ Rmtui bugnmlui rin anrTjin b iin-XT-nijiii Ctjn(IUi d n cu ijctiil ill.Hcvrı. (Jifi i;,"::nj!i?
ini.i.'-ncryl/.l

masa ei era mult mai mare decât greutatea tuturor stelelor din ea. El a dedus că o materie întunecată necunoscută cântărește de 400 de ori mai mult decât materia luminoasă, stelele strălucitoare și gazul fierbinte din întreaga aglomerare. Iată că cantitatea de materie întunecată a fost o mare surpriză, implicând faptul că, în cea mai mare parte, universul nu există sub forma stelelor și a gazului, ci sub altă formă. Așadar, ce este această materie întunecată? și unde se ascunde?

Lipsește masa din galaxii individuale. Gazul din zonele din exterior se rotește mult mai repede decât ar trebui dacă galaxia ar fi doar atât de grea cât masa adunată a stelelor din ea. Prin urmare, astfel de galaxii sunt mult mai grele decât ne-am aștepta privind doar partea luminoasă. Și în acest caz, materia întunecată suplimentară trebuie să aibă o greutate de sute de ori mai mare decât stelele vizibile și gazul. Nu doar că materia întunecată este împrăștiată în toate galaxiile, dar masa ei este atât de mare încât domină mișcările fiecărei stele aflate în acestea. Șatenă întunecată se întinde chiar dincolo de stele, formând un "halou" sferic sau o bulă în jurul discului de galaxie în spirală plată.

Căștigul în fizică. Astronomii au trasat acum harta materiei întunecate nu doar în galaxii individuale, ci și în aglomerări de galaxii, care conțin mii de galaxii legate între ele de gravitația reciprocă, și în grupuri de galaxii, lanțuri de aglomerări dintr-o rețea vastă, care se întinde de-a lungul întregului spațiu.

1998

Sedimentul neutrino și o rimă mică.

2000

Sunt detectate MACI ID în Calea Lactee

SPĂȚIUL

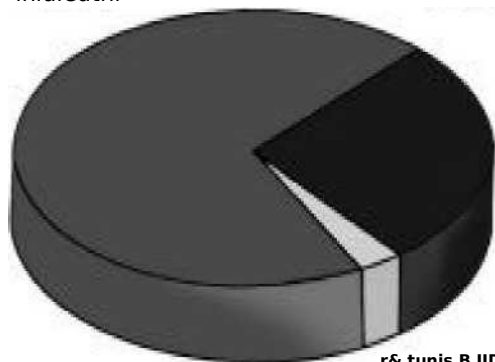
■ ■ ■

Materia întunecată apare oriunde acționează gravitația, la orice scară. Dacă adunăm toată materia întunecată, constatăm că aceasta este în cantitate de mii de ori mai mare decât materia luminoasă.

Soarta întregului univers depinde de greutatea sa totală. Atracția gravitațională

oprește expansiunea universului după explozia Big Bang. Sunt

în lăunthi



și sunt în echilibru:

posibile trei rezultate. Fie universul este atât de greu încât gravitația învinge și universul se prăbușește până la urmă în el însuși (un univers închis care sfârșește într-o mare strivire), sau are prea puțină masă, iar universul își va extinde pentru totdeauna (un univers deschis), sau universul este perfect echilibrat, iar expansiunea încetinește treptat datorită gravitației, dar într-o perioadă atât de lungă încât nu încetează niciodată. Ultima variantă pare să

fi cea mai potrivită în cazul universului nostru, care are exact cantitatea necesară de materie ca să îi încetinească, dar să nu îi oprească niciodată expansiunea.

WIMP și MACHO Din ce ar putea să fie alcătuită materia întunecată? În primul rând, ar putea să fie compusă din nori întunecați de gaz, stele stinse sau planete neluminate. Acestea sunt denumite MACHO sau Massive Compact Halo Objects (Obiecte Compacte Masive cu Halou). Ca alternativă, materia întunecată ar putea fi alcătuită din noi tipuri de particule subatomice, denumite WIMP (prescurtare pentru Weakly Interacting Massive Particle) (Particule de Masă cu Interacțiune Slabă), care nu ar avea nici un efect asupra altor tipuri de materie sau asupra luminii.

MATERIA ÎNCĂLZITĂ

Astronomii au descoperit MACHO chiar în galaxia noastră. Deoarece MACHO sunt mari, comparabile cu planeta Jupiter, ele pot fi observate individual prin efectul lor gravitațional. Dacă o planetă mare de gaz sau o stea stinsă trece prin fața unei stele, gravitația sa curbează lumina stelei în jurul ei. Curbura focalizează lumina când MACHO se află chiar în fața stelei, astfel încât steaua pare mult mai luminoasă pentru un moment. Acest fenomen se numește „lentilă gravitațională”.

SPĂȚIU ȘI TIMP

În termenii teoriei relativității, planeta MACHO distorsionează planul spațiu-timp, ca o minge grea care deformează o fâșie de cauciuc, iar această deformare curbează frontul de unde luminoase. În jurul ei (vezi p. 164). Astronomii au cercetat această intensificare a strălucirii stelelor. La trecerea unei MACHO, în câmpul de vedere al stelelor, ei au descoperit câteva astfel de flash-uri, dar prea puține pentru a explica întreaga cantitate de masă lipsă din Calea Lactee.

**UNIVERSUL ESTE
ALCĂTUIT ÎN CEA MAI
MARE PARTE DIN
MATERIE ÎNTUNECATĂ ȘI
ENERGIE ÎNTUNECATĂ ȘI
NU ȘTIM CE ESTE NICI
UNA DIN ACESTE.**

ț. iu! Rerfihtitfrr, 1999

MACHO este alcătuit din materie normală, sau barion, compus din protoni, neutroni și electroni. Limita cea mai strânsă a cantității de barion din univers este dată de urmărirea izotopului greu al hidrogenului, deuteriul. Deuteriul a fost produs doar în timpul Big Bangului și nu este generat de stele, deci poate fi găsit în acestea. Prin urmare, măsurând cantitatea de deuteriu din norii de gaz din spațiu, astronomii pot estima numărul total de protoni și neutroni care au fost produși în Big Bang, deoarece mecanismul de producere a deuteriului este cunoscut cu exactitate. Acest număr se dovedește a acoperi doar câteva procente din masa întregului univers. Așadar, restul universului trebuie să fie din altă materie, cum ar fi WIMP.

Căutarea WIMP este acum în centrul atenției. [J]oarece interacționează slab, aceste particule sunt greu de detectat. Un candidat este neutrino. În ultimul deceniu, fizicienii i-au măsurat masa și au descoperit că este extrem de mică, dar nu zero. Neutrino completează o parte din masa universului, dar, din nou, nu totalul acesteia. Deci încă este loc pentru alte particule mai exotice, care așteaptă să fie descoperite, unele noi pentru fizică, de exemplu axionii și Căminii. Înțelegerea materiei întunecate poate arunca o nouă lumină asupra lumii fizicii.

Idee de bază pentru materia întunecată a universului

4 Constanta cosmologică

8 Einstein a spus despre adăugarea constantei cosmologice în ecuațiile teoriei relativității generalizate că «sta cea mai mare gală a sa. Constanta a permis accelerarea sau încetinirea nfei ttpmwnii universului pentru a compensa gravitația. Einstein nu a avut nevoie de acest număr și l-a abandonat, Dar noi doveti, din anii 199D, au făcut necesară reintroducerea lui. Aslrminii au descoperit că misterioasa energie întunecată tace expansiunea universului să accelereze, ceea ce e dus ta rescrierea cosmologiei moderne.

Albert Einstein a crezut că nci trăim înă-un univers stabil și nu într-unui în care a avut Locu Eig Bang. Încercând să formuleze ecuațiile care și U descrie, a dat peste o problemă. Dacă există doar gravitație, atunci totul din univers se va prăbuși până la urmă într-un punct, probabil o gaură dcăgd. Evidtmt universul real nu ora așa și părea stabil. Așa că Einstein a adăugat încă un termen în teoria sa, pentru a contrabalansa gravitația, un element dc respingere, „antigiavitație”. A introdus acest termen doar pentru a fara ecuația să arate corect, nu pentru că țtia despre existența unei asemenea forțe. Dar această formulare a devenit imediat problematică.

Dacă arexiEtaoconITaforțăla gravitație, atunci, la ic] cum gravitația necntroiată ar putea provoca prăbușirea universului ine] însuși, o forță antigravttaționaia ar putea la iei dc ușor să amplifice îndepărtarea regiunilor din univers care nu sunt legate cu ajutorul adezivului reprezentat de gravitație. Pentru a nu permite o astfel dc sfâșiere a universului Einsteln a preferat să ignore cei de-a] doilea termen dc

I initEin pib i: j trona
relabtftății gEHE'd

I - u tbiE arată <J IH
wntfŧ w Ext ndr, ar
[.nŧle-n "j. a Lardnr.r
.....

CONSTANTO G M O L O G I C A

respingere. El stă admită că făcuse o greșală când îi introdusese. Alți fizicieni au preferat, de asemenea, să îl excludă, considerându-l istoric. Iar așa au crezut.

Termenul nu a fost uitat - a fost păstrat în ecuațiile relativității, dar valoarea sa, constanta cosmologică, a fost stabilită în scopul pentru a-l anihila.

Universul care accelerează În anii două grupuri astronomi cartografiau supernove din galaxii îndepărtate pentru a determina geometria spațiului, iar cete două grupuri au descoperit că supernovele îndepărtate păreau mai pale decât ar fi trebuit să fie. Supernovele, explicațiile

strălucitoare ale stelelor care mor, sunt de mai multe tipuri. ■ Supernovele de tip Ia au o strălucire predictibilă și, ieri, sunt utile pentru deducerea distanțelor. La fel ca stelele variabile Cefeide, care au fost folosite pentru măsurarea distanțelor la care se află galaxiile, pentru elaborarea legii lui Hubble, strălucirea intrinsecă a supernovelor de tip Ia poate fi dedusă din spectrul lor luminos, astfel încât se poate spune cât de departe sunt. Acest principiu a funcționat perfect pentru supernovele care sunt destul de aproape, dar supernovele mai îndepărtate erau prea puține. Era ca și cum acestea s-ar fi aflat mai departe de noi decât ar fi trebuit să fie.

Pe măsură ce supernove din ce în ce mai îndepărtate erau descoperite, tiparul diminuării strălucirii odată cu distanța a început să indice că expansiunea universului nu era stabilă. Ca în legea lui Hubble, el accelera. Acesta a fost un soc profund pentru comunitatea de cercetători a cosmosului și o enigmă a cărei descifrare continua astăzi.

Rezultatele supernovelor se potriveau cu ecuațiile lui Einstein, dar numai dacă se închidea un termen negativ care mărea constanta cosmologică de la zero la aproximativ 0,7. Rezultatele obținute pentru supernove, cumulate cu alte date cosmologice, cum ar fi tiparul radiației cosmice de fond, au demonstrat că era

DE 7 D D R N Î N C E R C Ă
M
S M Ă S U R Ă F I R M I I J C A R E
U N I V E R S N C E T I N E S T E .
A N R E U Ș Î R S F Â R S S Î
A M A F L Ă T Ă J N I V E R S U L
A C C E L E R E A Z Ă .

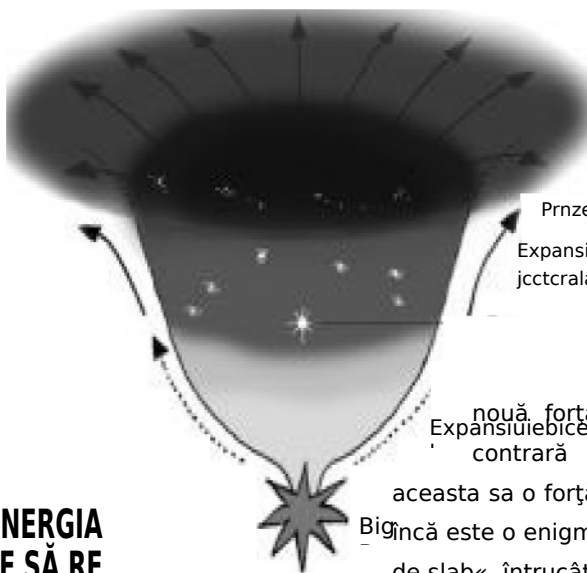
de

1998

Data la supranucleii jrită r<jsi tatcj
reintrcdiKrr'i LOflst JMtei
C.Db'nD'GgLE.

SPATSIITIMP

III



/ Sif enwUcea
tr^i înde
jurlahi

Prnzeri
Expansiune
jctcrala

**ACEASTA(ENERGIA
ÎNTUNECATĂ] PARE SĂ RE
CEVACARE AHE LEGAURA CU
ÎNSUȘI SPAȚIUL Șt, SPRE
DEOSEBIRE DE MATERIA
ÎNnINECATA CARE
GRAVITATA, ENERGIA
ÎNTUNECATĂ ARE UN EFECT
CONTRAR ÎHTR-ULI FEL,
CONTRACARÂND GRAVITAȚIA,
FĂCÂND CA UNIVERSUL SĂ
FIE RESPINS DE SINE ÎNSUSL**

nevoie de o nouă forță de respingere contrară gravitației. Dar aceasta sa o forță destul de slabă, Big - încă este o enigmă de ce este atât de slab». Întrucât nu există nici un motiv pentru are nu ar lua o valoare mult mai mare fi ar domina complet spațiul în detrimentul gravitației. În schimb, este foarte apropiată ca valoare de gravitație, apa că are un efect minor asupra axei spațm-timp, așa cum o vedem acum. Acest termen negativ dc energie a fost nunul „energie întunecata”.

Enstti;i inlunfitlIĂ Originea energici întunecate este încă nccuncMiură. ț-ti rn doar că este o formă de energic asociată cu vidul din spațiu, generând o presiune negativă în regiunile lipsite de materie supusă gravitației Prin

urmare, face regiunile din spațiul vid să se umfle, li țtltm cu aproximație valoarea din observațiile asupra supernovelor, dar nu știm mai mult. Nu știm daca este inti-adevăr o constanți-dacă are totdeauna acerați valoare în întreg universul fi tot timpul i la fel ca gravitația și irlteia luminii} - sau dacă valoarea el se schimbă în timp, astfel încât este posibil să fi avut o altă valoare imediat după Big Bang, comparativ cu valoarea de anim sau cu cea din viitor. În forma sa mal generală, a fost denumită „chintesența” celei de-a Lintea forțe, indurând toate modurde posibile în care intensitatea ei s-ar putea schimba în timp. Dar încă nu se știe cum se manifestă această forță misterioasă sau cum apare în fizica exploziei Big Bang Este un subiect fierbinte de studiu pentru cercetători.

CONSTANTA COSMOLOGICA

Acum înțelegem mult mai bine geometria universului și din ce este alcătuit **acesta**. Descoperirea energiei întunecate a echilibrat termenii cosmologici, egalând diferența din bugetul de energie al întregului univers. Prin urmare, acum știm că 4% din acesta este materie normală barionică, 1M este materie emisă de m- barionică și 7M este energie întunecată. Aceste numere se adună și dau rezultatul corect pentru un „Univers Încălzit”. aproape de masa critică la care nu este nici deschis, nici închis.

Calitățile misterioase ale energiei întunecate, însă, înseamnă că, chiar dacă știm masa totală a universului, comportamentul său viitor este dificil de prezis, deoarece depinde de răspunsul la întrebarea dacă influența energiei întunecate crește sau nu în viitor. Dacă universul accelerează, în acest moment, energia întunecată este la fel de importantă ca gravitația în dominarea universului. Dar, la un moment dat, accelerația va crește, iar expansiunea mai rapidă va domina gravitația. Prin urmare, soarta universului ar putea fi să se extindă veșnic, din ce în ce mai repede. Au fost elaborate unele scenarii înspăimântătoare - odată ce gravitația este depășită, structurile masive ținute laolaltă de aceasta se vor destrăma și vor fi pulverizate, chiar și galaxiile se vor destrăma, până la urmă, apoi stelele se vor evapora într-o ceață de atomi, în final, presiunea negativă ar putea distruge atomii, lăsând doar o mare de particule subatomice.

Cu toate acestea, deși puzzle-ul cosmologiei a fost rezolvat și au fost măsurate multe dintre dimensiunile care desenează geometria universului, încă sunt unele întrebări importante la care nu am răspuns. Nu știm ce este din univers, nici ce este, de fapt, această nouă forță. Așa că nu este încă momentul să ne culcăm pe lauri. Universul și-a păstrat misterul.

**TREBUIE SUBLINIAT
ÎNSĂ, că a CUNȘTINȚA
POZITIVĂ A SPAȚIULUI ESTE
INDICATĂ DE REZULTATELE
NOASTRE, CHIAR DACĂ
TERMENUL SUPPLEMENTAR
[CONSTANTA
COSMOLOGICĂ] NU ESTE
INTRODUS. ACEST TERMEN
ESTE NECESAR DOAR CU
SCOPUL DE A FACE
POZIBILĂ O DISTRIBUIȚIE
QUASI-STATICĂ A MATERIEI.**

Idee de bază a cincea forță

4 Paradoxului

Sa găsim viață altundeva în univers ar fi cea mai mare descoperire din toate timpurile, Enrico Fermi s-a întrebat de ce, date fiind vârsta și vastitatea universului și prezența a miliarde de stele și de planete, care există de miliarde de ani, iar am fost contactați încă de vreo civilizație Extraterestri. Acesta a fost paradoxul ridicat.

Discutând cu colegii lui în timpul unui prânz, în 1950, profesorul de fizică Enrico Fermi a întrebat „Unde sunt ei?” Galaxia noastră are miliarde de stele și sunt miliarde de galaxii în univers. Iar aceasta înseamnă trilioane de stele. Dacă doar o fracțiune dintre acestea au planete, aceasta înseamnă o mulțime de planete. Dacă o fracțiune dintre aceste planete găzduiesc viață, atunci ar trebui să fie milioane de civilizații. Așadar, de ce nu le-am văzut? De ce nu au luat legătura cu noi?

În 1961, Frank Drake a scris o ecuație pentru probabilitatea existenței pe o altă planetă a Căii Lactee a unei civilizații extraterestre cu care să putem intra în contact. Aceasta este cunoscută ca ecuația lui Drake. Ne spune că există o șansă să coexistăm cu o altă civilizație, dar probabilitatea este încă destul de incertă. Carl Sagan a sugerat odată că milioane de civilizații extraterestre ar putea popula Calea Lactee, dar ulterior a revizuit în minus estimarea, iar, de atunci alții au afirmat că ar fi doar o civilizație, cea umană. La peste o jumătate de secol după ce Fermi a pus întrebarea, încă nu am auzit nimic. Cu toate sistemele noastre de comunicații nimeni nu ne-a sunat. Cu cât explorăm mai mult vecinătatea noastră, cu atât mai pustie pare. Nici un semn concret al oricărei forme de viață nici măcar cea mai simplă bacterie, nu a fost descoperit pe Lună, Marte, asteroizilor planetele din la marginea sistemului

1950, Dr.

196

Trei înbeabi de te ru dm intrat în ton'«.lui rtrtrrrftri

Drake și el. i zorea; j ecuația.

PARADOXUL FERMI

bc]ăi și sateliți Nu există semne de interferență a luminii stelelor care ai putea indica mașini plasate pe orbită, care să culeagă energie \$1 nu pentru că nu ar fi căutat nimeni, dată fiind miza. se dă o mare atenție căutării inteligenței extraterestre.

Căutăm viața vi **tiu** Așadar, cum se caută semne de viață? Jtlnma modalitate este să începem să căutăm microbi în sistemul nostru solar, iavanții au cercetat roci dc pe Lună, dai acestea sunt bazalturi lipsite de viață. Despre Mărie sa spus eă ar găzdui rămășițe de bacterii, dar încă nu s-a dovedit că bulele ovoidedîn rotite de pe respectiva planetă ar fi adăpostit viață extraterestră ți nu au fost contaminate după ce au căzut pe Pământ sau nu au fost generate **pnn** procese geologice naturale Chiar și fără probe de raci, camerele dc luat veden instalate pe nave spaiale sau pe module de aterizare au cercetat suprafața planetei Marte, a asteiDiziloi și chiar a unui satelit din zona cea mai îndepărtată a sistemului solar- Titan, care orbitează planeta Saturn.

Dar suprafața marțiană este un deșert uscat de nisip și roci vulcanice, nu foarte difent de deșertul Atacanta din Chile. Suprafața lut Titan este umedă, îmbibată cu metan lichid, dat, conform descoperirilor de până acum, lipsită de viață. Unui dintre 5 ateliții lui 1 uptter, Europa, a

fost menționat ca un obiectiv pentru viitoare căutări ate vieții în sistemul nostru solar, întrucât ar putea adăposti mări de apă lichidă sub suprafața sa înghețată. Cercetătorii plănuiesc o misiune spațială care ar urma să foreze prin crusta de gheață și să studieze ce se află sub aceasta Alți sateliți din afara sistemului nostru solar sunt activi gtologk. eliberând căldură în timp ce sunt atrași și respinși de gravitație pc orbitele lor din jurai planetelor gigante de gaz Prin urmare, apa lichidă s-ar putea să nu fie o raritate în vecinătatea sistemului nostru solar, stârnind așteptări că, într-o zi, s-ar putea descoperi viață. Navele spațiale trimise

**CINE SUMTEM?
CONSTATĂM CĂTHAIM PE
O PLANETĂ
NEÎNSEMNATĂ A UNEI
STELE OARECARE
PIERDUTE ÎNTR-O
GALAXIE ÎNCHESUIÎ
ÎNTH-UH COLT UITAT AL
UNIVERSULUI. ÎN CARE
SUNT MULT MAI MULTE
GALAXII DECÂT OAMENI.**

111E

Mțttnrrt! din Antarctici ndir.î r> ■Lirrtn urwi 'Dimr prirr trw d* vuia pe Martț.

Ecuția lui Drake

I\l - r_h'_d y f K A. H f x JCT| f

imtta

iV cntf iiji-iûr_ :ii. !' ■.■.■Püjii din Colea i
or!..!!■? n-i! i:ârn nr. i ribjctfDmygnBLiro
sunt drtec table
l\«A aste nimicul de stele dm Qÿa> ■■ f»
*tt> rrant-jnna rlinl.iv: içitfitf iteln r...:
üiol.iiinü pli/Ttiirr
ru L'eti rii/riñ'i!: ■■ irti l.i! c:r smtanțil l- rdo-
eu LT nrd;j piiLnvit Dtmtm

T este ■' nrl,, iincp riir l/ti rcrs'.n plane : q
potrivit* [:Ü corț vi*țz> ::hi.ar gpo'v r"
nû^l.nirici „-qn rtinl.n-
r.. vr^i ::<! er^irr vinți ■'"qhgç-'l " este
Fractajrtnii dmt.Ti icn-otc çii ./ații r nn ■ :
IrvÆill.a ri ■ ■ jhn^cipc! cțiro em ite n !^:.T :i:
■ :".vjlr detijctnh - ci «>■: l.imțt:' ; u T Ht*
Fvir.ț.r.ini'iii Hir- durtfa de vmtA q urci p .iniiii.j
> ram pçtûil a:: çryiliin^ii omit în S:::l'III -;i
mnele detecLijbHí fin r.ir/.. rormpt. ui. am.ist.l
fr:-1. mr :!■!■!. pè-l MÂJFît, Îfcflftô FHCflil

În această zonă sunt sterilizate intensiv, pentru a nu fi contaminate cu microbi de pe Pământ.

Dar microbii nu sună acasă, ca ET din filmul Cui SJEdbsg Care este situația cu animale sau plante mai sofisticate¹ Acum, când sunt detectate planete individuale în jurul stelelor îndepărtate, astronomii fac planuri pentru a descompune lumina acestora ca să caute elemente chimice care ar putea susține sau indica existența vieții Indicii spectrale ale ozonului sau ale dorofilei ar putea fi detectate, dar pentru aceasta este nevoie de observații exacte. posibile în următoarea generație de misiuni spațiale, cum ar fi Tenestrilal Planet Fmder (Căutătorul de Planete de tipul Terrell al NA5)1. Aceste misiuni ar putea descoperi cândva o planetă soră a Pământului, dar, dacă o vor face, va fi aceasta populată cu oameni, pești on dinozauri sau va conține doar continente și mări pustii, fără viață?

Contact Viața de pe alte planete, doar unele ca Pământul, ar putea să fi evoluat difmt de cea de pe Pământ. Aja că nu este sigur că Ertraterettni de acolo ai fi capabili să comunice cu noi, cel de pe Pământ. De când radiourile și televiziunile au început să emită, semnalele lor s-au imprăștiat departe de Pământ, călătorind cu viteza luminii. Ațadar, once fan al televiziunii din Alpha Centauri (la diatanță de 4 snl-lumlnâ) ar privi programele de pe Pământ de acum ■; ani Filmele aib-ncgni au ajuns la steaua Arctums. iar Charlie Chaplin ar putea să fie vedetă pe Aldebaian. Pământul emite, deci, o mulțime de semnale, dacă

PARADOXUL FERMİ

există o antenă care să le recepționeze. Nu ar face și o altă civilizație avansată același lucru?

Kadru astronomii observă bielele din apropiere, căutând semne ale unor semnale nenaturale.

Spectrul undelor radio este vast, așa că radmastronomii se concentrează asupra frecvențelor apropiate de tranziții naturale de energie, cum ar fi cele ale hidrogenului, care ar trebui să fie aceleași peste tot în univers. Ei caută transmisiuni care sunt regulate sau structurate, dar care nu sunt generate de nici un obiect astronomic cunoscut. În 1967, Joe E. Stepien, care urma studii postuniversitare, a fost extrem de surprinsă, la Cambridge. În Anglia, când a descoperit pulsuri regulate de unde radio venind dinspre o stea. Unii au crezut că acestea erau un cod Morse extraterestru, dar, de fapt, era vorba despre un nou tip de stea neutronică, nu mita acum pulsar. Deoarece acest proces de scanare a mii de stele ia mult timp, în SUA a fost inițiat un program special, numit SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence, Căutarea inteligenței Extraterestre). Deși au fost analizate date adunate mulți ani, nici un semnal străin nu a fost detectat încă. Alte radiotelescoape caută și ele, ocazional. Nici acestea nu au observat nimic care nu ar fi o gongfăie pământeană.

Pentru SETI 13 jani Decembrie, dat fiind faptul că ne putem gândi la multe modalități de a comunica și de a detecta semne de viață, dar ce nu ne răspunde la apele sau nu le trimite pe ale sale nici o civilizație? De ce este paradoxul lui Fermi încă valabil? Sunt mai multe ipoteze. Poate că viața există doar pentru scurt timp într-o stare avansată în care comunicarea este posibilă. De ce ai fi așa? Poate că viața inteligentă se epuizează rapid. Poate că este autodistructivă și nu supraviețuiește prea mult, astfel încât șansele să fie capabilă să comunice și să aibă în apropiere pe cineva căruia să îi comunice sunt, într-adevăr, foarte mici. Sau sunt scenarii mai paranoice. Poate că extraterestrii, pur și simplu, nu vor să comunice cu noi și suntem izolați deliberat. Sau, poate, sunt prea ocupați și nu au ajuns încă să facă asta.

**SOARELE NOSTRU ESTE
UNA DINTRE MII DE MILIARDE
DE STELE DIN GALAXIA
NOSTRĂ, GALAXIA
NOSTRĂ ESTE UNA DINTRE
MILIARDELE DE GALAXII
CARE POPULEAZĂ
UNIVERSUL. AR FI CULMEA
ÎNGÂMFĂRII SĂ CREDEM CĂ
NOI SUNTEM SINGURELE
LUCRURI VIE DIN ACEASTĂ
IMENSITATE**

idee de bază

PARADOXUFERMI

e cineva acolo?

Principiul antropic

Principiul Entropie afirmă că universul este așa cum este pentru că dacă ar fi diferit, nu am fi aici să îl observăm. Este o explicație a motivului pentru care orice parametru din fizică ia valoarea pe care o are, de la mărimea forțelor nucleare la energia întunecată și la mărimea efectului de câmp magnetic. Dacă unii dintre acești parametri ar varia puțin, atunci universul ar fi deosebit

Dacă forța nucleară taie ar fi puțin diferită, atunci protonii și neutronii nu ar mai sta împreună pentru a alcătui nuclee și nu s-ar putea forma atomi. Elementele chimice nu ar exista. Carbonul nu ar exista, deci nici viața. Iar oamenii nu ar exista. Dacă nu am exista, cine ar observa universul și s-ar împiedica lăcnește doar ca o supă cuantică de probabilități?

De asemenea, chiar dacă atomii există, iar universul a evoluat pentru a alcătui toate structurile pe care le cunoaștem astăzi, atunci, dacă energia întunecată ar fi puțin mai puternică, galaxiile și stelele ar fi deja îndepărtate unele de altele. Așadar, mici schimbări ale valorii constantelor fizice, ale mărimii forțelor sau ale masei particulelor pot avea implicații catastrofale. Altfel spus, universul pare să fie reglat fin. Forțele sunt exact cum trebuie pentru ca omnia să evolueze așa cum o face. Este o întâmplare că trăim într-un univers vechi de 14 miliarde de ani, în care energia întunecată și gravitația se echilibrează reciproc, iar particulele subatomice iau formele pe care le au?

Exercițiul 353 În fine să afirmăm că omnia este specială și că întregul univers a fost creat doar pentru noi. probabil o presupunere destul de arogantă, principiul antropic explică faptul că nu este nimic surprinzător în toate acestea. Dacă omnia

ÖG1E

13D4cLHr.

1957

Din seria de cărți "Măști" de
reslințit de factori biologici.

PRINCÍPIOS ANTROPIC

Alfred **Wallace** purr pob rna locului omului ini ünitah.

SPAȚIUL

dintre forțe ar fi puțin diferite, atunci, pur și simplu, nu am fi așa ca să le observăm, la fel cum există multe planete, dar, din câte știm, doar una are condițiile potrivite pentru viață, universul ar fi putut să fie alcătuit în multe moduri, dar există doar în forma în care noi am putut să apărăm. De asemenea, dacă prințimea nu ar fi întâlnit nicădată dacă nu totuși eu combustie internă nu ar fi fost inventat, iar tatăl meu nu ar fi putut să meargă în nord ca să o întâlnească pe mama, atunci eu nu aș fi fost aici. Acest lucru nu înseamnă că întregul univers a evoluat doar ca să pot eu să exist. Dar faptul că eu exist presupune, între altele, că motorul să fi fost inventat, iar artefactele se îngustează spectrul universurilor în care eu aș putea să mă aflu.

Principiul antropic a fost folosit ca argument în fizică și în cosmologie de către Robert Dicke și Brandon Carter, deși argumentele sale sunt cunoscute filosofilor □ formulare, principiul antropic slab, afirmă că noi nu am fi aici dacă parametrii ar fi diferiți, prin urmare, faptul că noi existăm restrânge proprietățile universurilor fizice locuibile în care ne putem afla. O versiune mai puternică subliniază importanța propriei noastre existențe, arătând că viața este un rezultat necesar al nașterii universului. De exemplu, este nevoie de observatori pentru a face un univers cuantic să devină real, observându-l. John Barrow și Frank Tipler au sugerat o altă versiune, potrivit căreia procesarea informației este scopul fundamental al universului, prin urmare, existența sa trebuie să genereze creaturi capabile să proceseze informații.

Mă întreb: Pentru a produce oameni, universul trebuie să fie bătrân, astfel încât să existe suficient timp pentru producerea carbonului de către generațiile anterioare de stele, iar forțele nucleare și slabe trebuie să fi „exact cum trebuie” pentru a permite aplicarea principiilor fizicii nucleare și ale chimiei. Gravitația și

**VALORILE OBSERVATE
ALE UNOR PARAMETRII
COSMOLOGICE NU SÎNTELE
DE PROBABILE.
DATELE ÎN VALORI
RESTRICTIONATE DE
CERINȚA DE A EXISTA
LOCURI ÎN CARE SĂ POATĂ
EVOLUA VIAȚA PE BAZA DE
CARBON ȘI. CA UNIVERSUL
SĂ FIE SUFICIENT DE
BĂTRÂN PENTRU CA ACEST
LUCRU SĂ SE PRODUCĂ**

1973

Brandon Carter invocă principiul antropic.

Eule antropice

PuLm tv Le dilei : i:-: iij- :fi :: irzfi i",: T.. te
ijri'.ririun norfiliii?. saj h.. a, cxlEtd,alibin de
i:i:i r enni trjim ruitnrr hūli umen; pnnta nvi n
pn-nngtr fi.'ir drinr dil>nl. Ar.Zjt. ■ ll cuaza
fredūl în'enne evulucazi hi^riix!

uriven: ti cori "rr" 1 L dīnī,ti
asigură w: pcjiu Fi care
fprms vi:i| Bfi tflte
t,Lm. va:a

KLE pretanțiDiHid șr, prin urm re Érte ga dús"
CfítSvú uf wlfBtirt Dar, SfltfuFcfit Sut L fit&t de
múibe bu e j*«ra, BCMSta «tte u poilbil Uita, -
ar «unt efigii ■'ti.iúL'-i nij cobe □Látete
mpfpbqtii fi



encigia ihtumcatf trebuie, dc asemenea, să fie în echilibru ca să farmeic stele 51 să nu. sfâșie universul. Mai departe, stelele trebuie să fi trăit Îndeajuns de mult ca sa lase să se tbiineza planete și eă fie suficient de miri ca să paata ensta o planetă blândă, tempenti, cate în apă. azot, oxigen și toate celelalte molecule necesare pertiui nțtatea vieții.

Deoarece fizicierul pot imagina universuri ir care aceste cantități sunt diferite, unu au sugerat că aceste universuri pot fi create la fel ca universul nostru. Ele pot exista ca universuri paralele sau multiversurL astfel incit noi să existam doar într-o flanfl'etlmre.

Jdeea de universuri paralele se încadrează în pnncipiul antropic prin faptul că permite și altor universuri să existe acolo unde noi nu putem. Acestea pot exista în multiple dimensiuni și sunt împrăștiate dc-a lungul aceleuiași parametri ceruți de teona cuantică pentru ca observațiile să albă rezultate [veilp. L15).

SPAȚIUL

Ft lift [WtB Pnncipiul antropic îți arc criticii săi Unu cred că este un truism - este așa pentru că este așa - și că nu na spune prea multe tucruii noi Alții sunt nemulțumiți că avem doar acest univers ca să îi testăm și preferă și ihidlse matematica pentru modalități de a regla universul nostru spre a-l face să iasă din «uiții din cauza fizicii. idei? a muftlversulul se apropie de aceasta idee pnr. faptul că permite un număr infinit de alternative Alți teoreticieni, incluzând cercetători ai teoriei coardelor și susținători ai teoriei M, Încearcă să treacă dincolo dc N-g Bang pentru a regla fin parametrii. Ei ccrctcaiă marea cuantică dinainte de Big Bang ca pc un fel de fundai de energic și se întreabă unde este mai probabil sa se sfârșească un univers daca ;1 lași să se desfășoare. Astfel încercând să își minimizeze energia, universul poate căuta destul de natural anumite combinații de parametru uidiferent dacă noi suntem un produs al său, un miliard de ani mai târziu.

**PENTRU A FACE C
PLÎCINII CU MERE DIN
RESTURI, TREBUIE
MAI ÎNTÂI SĂ CREEZI
UN UNIVERS.**

Cari ƒsftir1,'198D

Susținătorii principiului antropic și alții, care caută metode mai matematice pentru a sfârși cu universul pe rare il știm, sunt în dezacord în legătură cu modul în care am ajuns unde ne aflăm acum și chiar asupra faptului dacă aceasta este sau nu o întrebare interesantă de pus. Odată ce mergem dincolo de Bang și dcunrmul observabil, în domeniile universurilor paralele și ale câmpurilor preexistente de energic, suntem, de fapt, pe terenul filosofiei Dar orice ar fi făcut universul să apară în actuala lui formă, suntem norocoși că a evoluat așa miliarde de ani de atunci Încolo Este de înțeles că c nevoie de timp pentm a pregăti chimia necesară pentru viața Dar faptul că noi trăim ala, într-un anumit moment din Istoria ureversului, în care energia întunecată este relativ benignă și echilibrează gravitația. esle mai mult decât un noroc.

**Idee de bază
universul exact așa**

PRINCIPALITĂȚI

cum trebuie să fie

GLOSAR

Glosar

urelrraŋln Sı hl i i.'H Vftftf
Ū

i-rv. **WII-Un** iril.rrw-JU Jr tlinprxf.

dlankirJu LTji krfbllil ajcátujlu nu
Mt* dric I IElluat dill/ dt **IrtUrttf**

brŕŕ **dr** HttUd. **firi J** far

EUHILTid ILE Vreun rriullnE jniuriu.

utatt t;M tTIII Ik'IL-Ld. unititi

dr MiltCitCUf PMletirilli

MtpnMI AIMHII 5 Mi (it* un

mielen central dur. akátíul

dm protoni (inctrcatI porftti)

d r.ELtrum''firi trziucituri

ei«tnci|, înconjurat c■:■ tin

nía de eleetrorj [mrriritj

r.egatnj. bŕnmm [h*r|ni|t|lf>

fniitŕŕdr ■ui'iIEI hñnrl.riia. ilcii

tupUM [=t ccupi acetap stare

cuantici fieri **ŕi** fermianl

ŕlmj-.ni birxjiljl:l<lrđn

lrahrWhlltti 11 dMUl(d *

ŶWtel. Senrltitlŕt fl

rrmpidklrMIE ilihl Llmjiutl,

liiEL^I **pwtiBŕl***.

cu uiiil CK LUL hiiil

iiiLuinLuLe **lir riiri gir. aia**

Ctihi AkLr MqAIU **Irt** uorla.

cuantici.

djplaur* ijfr i^pi DepIHuŕtx În

Dftlil **dt 11M1 * IUMbnU** dl

IR UNiWwi **ce** M îndrplrtiRti,

din am **efedvliđ Dflprlerwru**

a expansiunu cMrrrosultu..

Ln astronomie, **erte** o

raodaUtale ŕci 'nikuŕ?

dlSCHIiJelr |MIJ I.i **rtilt p** fcllWtlf

inilcpÄrlHhi' difracŕie

lnnrâperea undelor li

totttrattfflton prinll-0 fanŕi.

LU.ICI Éi fi **Vju.1** lis ühtll trŕjnd

priflŕtr-i **fRUtR** dirttr-iin

iiHixjiqi **dixalLlxhp jurHmlM-**

u n dă CwnjirtirntM

iNlftInftmRI AifM lumină,

arcan similar unid urde,

AltMtí ijŕminfilor miri

pirtlCuli riíEtIEiIEla

utilrrlaltl* ctllljir te ** |iuii

li'^il Içik HEiakv Ein u irl

Inii **CU Q ZÍ** "lUKlf p=Eipar[|

p|iilí în fttflpfictti eled

ritkŕt CltCUllflINKIAU

ttertito. Jue Ū anumlid

lanriiaa [energie], peile

provoca un curent fo

curgere] sJ poate fi

inceliciili un cârtii de o

mlftntL ■ndfgja Pnp1eta|

fAd.e*vi ran- dliCtMll ptlŕf

n[hlnl de « hi inb*ŕŕ

ulALrluj llieru. E.l

iefiMIMTVA I* hluct glu&aE

dar pvate li **KÍÜffibVtl** intre

dikrk'l'r iipiiTi *n,ii;pl<0

rtiHiiil.ri idrín-rflfiSI, Cu

cât rera este naiordomt.cu

|H1 JIPIInMI lUI tit* mii ir.lri

furi **DilUI(I** ItilIM dirdŕt ?

uniŕi fl wmiltôreil. «ŕJpiixlâ

În fnqnudda lungimi

druridJ. Dinrôll rdr

ui,:ljri;ir.]:x li SlŕjpMdtCII

MÖdc g>Adli diddptltum

rtIMM Htt ŕŕr lHÜJH

pwdrttitdHA Wide ■unt în

apariŕii defua

[vulŕi :r.lnrfrwn1i|

frnum lj particulă r rr rŕŕpeŕt* jiri în

ij:ilj cirill CHITI ii HJ lli.l **Pauli, L**

jcitüiiri eái'Jil dúl krmlohl nu úVH

IC(Hfl Itll*CinntiCl.

fvea^basor.l fntŕi Ū

11JlebEE, 1 Mgrír UU

ImploftFL CREt ilrlrnnlnj

mlptmuM kNlmbim

íMerrtuü^l *1 delir«

principiu a[lu1 Nejlón

dtflŕrtjte farŕl Cl fi ind

jirujirllpiailí ru Arri-l.;

M[ŶH]H- Circ vprO*irf.

frjL&n LlimlM HIM.liiftiLLir'ídu-ii £*

p*rtMJJŕ

frwTcntí ftliHUil **ti**

(UtVtriiil Unt* u ude i ttee

prtñn-un ana i-ir pu.net.

front de unea Lima trasai i

l!r uiiTuLukuS luudn.

fundir de undă în leen *

cunrttldi. **eílt** o **ibnrŕie**

nutenuId Justad luata rararl erial

Idle iijirl pArtlCtie Mil ale

dIUIMfRilMilUIRnd pŕtrBbUITMHII

H:1r:1 aiiuri'ila pndwMÜ(I **uu** if **M**

<8e intr-tth kir **uuimi.**

gaLaaic LTn ghUjt í.CLI Uh

Hall de ihILIWde afile.

ŕŕtiulelRpIRili it'fnvlti(il

UMLR **IWUtŕR. Un Urtee. rai r**

» M în tpiHil **PtU>** iKirdF

aEumiuu île mulueult

tniteurt itu axdHI cegiliITl

Indhiilualf. iiiiŕclŕ lu LH* nu

au nutgihl, dur pot **A**

Indklu iŕiir uti újmalutr.

KrjuJrapi Ofúiti

EuiijamenIMl prtñ eut

íwtMk ac 'ir-K^{unH} p*" _HHE

GLOSAR

OEIVtfttll tritdtKrtlddt
IttEll rrlatI*Rfi]il ftMftlt R
krl EfnstcLn.

icnpuli pr.dubik dinlir ri'aji
ld vm4ar4 «riid e*t dt
trtu erteti npre>i i » n Jkiert
kilri fai iitfcare.

Irii^IÉ i'cl-hiàhH
inlFrf^TFnl]i fnsnlu narea
unpa 'jndede Éaw diferite,
din cire pratt lelilitS
trrtt]rilfii^m lFr (dacă unde
sunt în tacă) sau
anihilarea, reciproci (daci
unde sunt de fa ratei.

ipclnâ ■ lumilor multjplc în
U-uria cuantic* 0 în

mplug le. i'lrrt

el exHti rmmtrojii
univertun
p*tMlrk,rHTtisr]lHi-ii],ik»vi
pe iMliMTI n ÎT prrfw
rw]înmttit«. Ut birt uc
xnim Itt atic* muiciutil de
lirnji pr 4HliiÉuri hnir
iatatop Elrînrrtt chimic caic
iiulă Sn diferii e forme. Csi
HWIS]l numfi r lIf prolitol. dxx
™ nurn»ie dlfeille ijr nrn1
rtjrtl în Jiurlru. Anudur CU
inat» iloirtlc!" daTrriEr.

IntlnrUtc Cu Citit alnngt]it
un sistem itunci când este
tni, lipqrMI* unl]iil^di'
lungimi', legăturacuantici
ir.leona cuanl lei, liirr* țâ
[UNiulr]t *M HU 1HJ.1I II rl
unii r.-Li HLIJ. Ia Un nînmrnl
dai. poartfi cu r>
infcrfMitU li -d wp-fi lotra.
j'Htlihd II Utilii"! ? perti m

rl?ledire instantanee.
lungim* de undi [>ik.Un]j
ldtU U'i Mdrf dc undi Li
uiirtllbrul. miil D pmpfk*
tatii <ir* ntr echivalent* cu
niunltul de ulnrlil
MUltntftlrlMd' ?n,rfcir
rtirt]lnul.* ileun tiutm
Onsfjurw hiniil<Lr*ei1e
InrijlH.iSrrdrijriw RUM !n
t*rmenii ttiliitnt]ti 1*
n»lich]*. În mwl ti Un
masiv [nul greu] este mal
dificil demite^.
metrici *pA]tu-l Imp Spi]lul
[jr-nrnrlrirLi/inhinHl ru
lnnpil jnlr-dlbi]uri tunici*
lmjrckiuitlt*. Inltorl*
rrlHtlvtfti]il Kririxlr Etl ?
de^ti nprtttrtlIU fit 4
suprafața de cluciwc
nuclru Mietul eHIM] dur bi
tidtnUjuL frirniai din prttwi
jl neutroni ținuți hlulalli de
foit» kiudearl tare.

observator În. teoria
cuantici, uliurtuetor Hta
e*t eau fee* un pxji'tiuiirnt
011 nL*|nbrj SHUltbtul.
piealuneDefinlicH ibiți pe
umlalex ilr țfiipr'ifx]i
hWkliiM unul t-i; Hl* forja
raerulturj le atomii iau
niulecuLck acestuia mupns
iupm Miri intenoure *
tn]lhtel În CM« 40* [ruhli
jjiizul. fttft O Wrtlctili
iurtdimentiU- Dbi numii bl
ir* ti u tkcLiitfal IU
pminilew nrrnrnari
ptsdOrtlI 0
rwuirtinll.Fpririnjrjde

înmtn? ttnrituUt din
rpirtUriilini tiuhutr
liadiCihl.

pățiți T ligitiitjite de euantl.
Aiiminilorl .bl]t]lm' i iiriiiil.li ri
iit :l.H i < i:ii" r. tafornuitle
cwlntki.

Tid la]lr ■ corjiuiiu.1 negru
StrUuircu SIOfaE Lnuij.de UN
ubIKt r»Ktu liginiiirrtllă
trirtp^iatiirj, eatr ik* Uh
lprril IU caracteristic.

rad ia]iw cnemici dn fond 0
ilabl rtrilucire a
ndcrpundelor, care
umpEe^pa]ul bHtdltmif]i
A 3ijj TUU^Mlul (Mt e-A riiit
dl' Alunei 0 i.Hread'liiHt
lptt rij]tu. U □ leknepiturt
de 3 H l.rde Krlvin reflexie
întoarcerea înapoi a unei
underttelWtftdsuptr«]i.c
wni M ii u rtti de lilmlni
irtdnptili klirr uuglhidA.

refracție Devbe]tt
iindrior.de olikLldbi cama
EikttitaliU lor !■ tri'ivrrn
prlnli-un Uit mediu, mm ir
fi trtrrmi luminii prinl r-o
prlfmi.

■pretru Secvența ije unde

I ij-itriiinajji-.i-iii r il r h unde lAdki
pAnj La r>IT X 0 fMe
trrxArid pjlnlunniU vzi]iilA
aujwmDvi r.xplnrri iinri
ileteci' H ib-plf.1 naniinhi
ir.akj.rind ■jiLTigi lá ifrlfl
u.1 virilil i*L*. trniun?
Fnr^M jir lir.ltHlxdr
liinglm?.reélmjita lnlernde
ni' rtirp 41]d «tUMi efind
pe el c0e xjd jrail njfreut
Ate. iiLrliiikniî Ctdn cui-
gejea flnâdrlw rile pttt pipi
di. tctlteo dlertrt .r.îlHliiE
0 luiliulriitr, „spârgândj

GLOSAR

se" în bulboane p
vttttfUTl, unlwn rn1rj(rHl|
ta1ea"pHtlidi|| piaUmjwlul
Ptin definîV '1 include tot'J,
dar uml fia deiu
Vurbescdr^par UrtNvnurl
parirle, dl<lticLrde bL
iiMEiu. Uriiversul noitiii
ueelru 14 jmJLardcdc
ani.ñrrtá determinate din
vitera '.iidir eipiwdlIlne 0
dm vhbíel? fiteUút.
vlnli a univaiiulul wi! Uhlvi-
JH

vid Un "patlu ore ir.i
izintlne nlc: un atom. În
natuiá nu existí vid
AbialUt-rHlArfl [n tpfftlIII
rotmle ,iini L'Hlvxakinii |sr
renllnurl ru cub dei
fiilrleriil A-W MfropUit
nvuM dr :ib| irirrr.i În. ;ri
U:n:Mlar viterí (vector]
Vectorul vrtezí faitamne
irited fatrú annmlií dlrítl#
BAledietarit" pirtutíi inlr-ci
iiinIAt? de ttmpdr urt COCp
CAJT se ruujcí |:i d ;reítN
mpfH'iíbH.

INDIC E

Indice

Streitflle 9-l.
16.U.2H
acceletaicrl de
paitnile
117,111.14?, i w
AEN, ddldi tllir tfl
70,71 uctdlrur^i
51 54
Air/ Ger-Tje mette
bu
KfrN
aira.ridiatl >3ti
EtiMiulbrf
34-.15,^7 nul
Im.ilerfF 111-111,
1M-1U
ap&5EIG<H=f1 *1
IM H.itlr lit,
1U-l * l',n
ilccni lin ■Jnrj'Url
maaneilceOj
Trca rjudearl
lare lit, 1*1*4 700
flUHW lludclij i40
EmprtpUiere 13S-
139 Aheturi d.e
enere loo-iai. n?
jMlxule Mtawmke
1TL-111, IM- 1H.
14i-15D pnrclplu-
denclkhne 11U
AwpdM, NkinLn lui
11,13
arlrd
146,109.141
EirnuuEi Dimiti 54
eeualillelul
BetnouEi Q-H
betirrflaie
t30.U5.15D M|
Rang 175,179. IW-
n. iie-jRT
Mu.Nkli ICI Iffi.lH
1 M. 117
toR.5Mytrfr*NHb
123.
13
«Nrdlil, 12^235.
US, i+i.uT.n-i.iru
frHiliHiEfct
147.152-155 9i»jt
WUUtMLB, ID J
ieffta Xil SIHti 69-
71 SidElit.loul*
Vider de K.LQ
tatiRH yumpi'tf 90

rrifijie 71-77 pi
cuivre 97-94 j|
luiH.mi iH5
unHduHtie 136-
39
rnKiirlifi 10-11. fil

CopenMfli
interpreta rea i-tu-
m.iib curp Regn.
mdlatie 43.
n-nt, iiw
Air.IRd'J H.liEi.li.T
3H

q*ua.Inffltodl
12,31 jLciMiirl 92-
94
ie«l*3uitaWIM.56-
59 uiirtjteil 55. 50-
50 deplkun rpe e
n.r-.i 79.175.
ITf-ITH, LI li
dUTicVe 60.71-75.
W.2M difujit 45 40
DM.RU1191,114,1
12,134 Ddppltr.
CliFrtljn 77
eitel Dopplet T6-
W.170 tlei'jJ iQul'-
itlul 43,50 efatM
fatotUrtie 90- 00
EUuieih.Mtkd9fl
COOdMAaMf
lInxiFln UM
cotminti
coimdlDEkl
101-1«
enerjie+■ rrfi*
5.22 liuTdi 57,96
99 rrd jcareea
broTiiiril 41. 7R
pandOKUI E?B
116-119 rewUe
relMWitfli T.9L Hfl
1*0,1L1—ItT.103
dcarkltitc 294
rtiruolr ?r, *1
madeuihulBM 37
nitrl R7-M.RT
tffr.T.ij
idritrtrri 90 99
ekaridIMt itirki M
natf Meut jtl7, n
fUiait adHd
142-142
LbSlatejLEl.32
Hfiet M b Tu 03
rt-j'Jimjlr.ii drejM
ni-nT
ItliFlenlj Q
iruiModuilluci Bj.
99
q^WOTittiKtMlite
114-121
tfrufrmiUirl 17
ImplutwIS,***
rltCr-J'PAJ:iHi?ji-
LHMtse-se-i?. 91
rrilipe« W1M

22,57'51 71, RI-
OI.^O. inn
ckarerj
inHmnlvrIF 117.
IM efditii uudel
1W-1C9 cffcitul
Jiueln-iHt 97,99
^ptW.il40
Mdt H int
KutisirMd Ili-131
ICMNOppH 125-
t27 jxnncplul dt
Hiduilure JM-RklK
udAlttetiUlK
R1,M
ftiFtgirjpi
rnnnrni» M-21, j-l-
ii
Eiitiopk j7-M pi
m*!15.22 ijJ'idt 0-X
03 enerle cmettd
11-21.25 ennuie
ekilicl iL 20-31
eneryle IWnntcdtl
15Q, iM-ioi.ina IM
FnhnplF 77-
70.V1.7IH lid
74^ .75,00 Eu kdqt
Ml dl*d 85-60 Kent*
pirn*H,n
IFirr.y Fr.ncfi
111.17T-11R
^trdddKiil Tul
lemi 144-199
OFin-.kvil 131.127.
W.M4, 147.2M
Fe7wn».HiaM15ilJ
59 dhfrunele
Terror- 141-l JA
flilutt uuilcij 136
139,
1SD
Fleanlna.Jdbn
mbriK. Ridi
i"jir'i'leejde R4-R7
Jldldt
KUbuilelul
BefiwuC,
El-fcl
MdipOe Nwler
fct'li-f w
iLjerfljide
125,150
UMI*hlMtoU52
1HiidFHn,10.1d.7i
frjlii
cimpi2 Hiflos j93
dmkl29 dffiHdjtl
151,152
tltcFomiRndicl
B4.153
tkirridiL«lt 05
lesilebiyeiviei' 6-
1X10 eudtMIUH

331.140, 14^.
1H
RKIMlikbllOO
1*9, 110.171. m
lj

ibr|4 elKi>mrtx>f le
05 fuiDiflb
37.90-.99. ii)l,
2* n
fijadl 44 47,50
irarthn. BenlimBi
81 freewjiti undelDi
01.204 tyiBvHM.U
fuilfie L* MS|142
funuM Audrtfl l*a
143,
111,112 ijdllro
atlUej 5-4,20 21
gimt-.i. rRCf JJ. ?q.
15.
130
Aliirl de'oerme
167.?l jJidM
neffelm-17L183
Gbdi.iejftt lui 5H1
gu-704
DeiMhuj ldi
Mu<we3 39 ilucrtt
149147 ;egNEdzu:'x
i ideal 32-35
bildd42
in^hr. Jnhin,-. WtfigMIE
nun i
EHTttMilim
enere j-:'en|.iill i
1,25 erperli'rnrul
3dl Galileo id
Eluil neue 169
ErivifJlr H7
jeueajjiNei,'nur,
19-19 ewtrii
kvtiineahl lt3, IM
leleelplulhilMKbd
.D lelirtwlale
genenll IM-
167.1R« iig
pttMBli krtneeril
im. 7D7
laid* hiMiilud 52
luiaei iiiilini
145,154
rielitnbeij.'XerTiei
106.
M
^dmIpi
iMeitludlr',1 104-
10*. 113 hidroflen
t01-L02.13Q.153,
1421-111. tRl.IU.ini
taute, R beet
29,31,57

>RN Tm Holte İ6-
91 KirtJWtfefiMInl
176-17>.

3 I L
ëPitfens.Ghrlsbui
61 Filndplui lui
H'jyfltrii OO-fil.
hR

■T.FTtIF P.-A
wnerterenH Tft
73.75.

OM? IM EMn,H*XS?

Kehrn 40-41
Kepler. Mur.nn IX
179

Lefilleliil KeHer
12-15 idbeai
úétlfiieiU. 22
IEiitlle65,46,67,74'-
75,äl kptofli
L45.U4.L47
tonanud.ine 30-31
ldftn^ Edwud495 5d
llúYdhi

rutare* 5?, 56 64 <7,
MBL.U4. ipo
durable 66 72-75
dijallraiei urdl-
ptr-
BO11197-K
ef«lMoeüuje«-99
Lnharo«j59
jl cuidare
113L5&- W.
M-4*

■MdJu SUM43
taelMirl 92-91
ieile.Jtbb redticile
64-67
relrlritire] pedál!
!°0-3*7 úhtWlúIH
59, 94 95
UFUtaS7-5t8B
*9,95 intilí<]6<-]63
l'inglme de ijndji
60-6 L. tí.
gg.K<

Mull, Emit 7
principiul lui
htiih. 4-7. in
aucun IM-UI
FmBMtifTH R.93 ml
tj-eteitniP'igMtliro
íTítal^HU
15,22.11,2« enutita
Juluntimú ?3ú 291
Mnwdl,fAHICMn«l
deihúliuli lui
FAuwÆ 38 étudié
lUI Mw/et; RR-PI.H
meaiwl LUin.tliil
inllmiUlr 133-131
LÚUJE lbiit BIM
liniteln 11C

ni1KHF119
danvttut
75,95,88. KC, I-
03-101. IW^LDT
ekdMdmkHiud
cuantici
L'JED) 1E-II, Jbl
uiterpretueiCopei
úiafi 304-3 31,111
!j>te.M. mal
multor lumi nt W
[rdinuire
115118.119. tea
JL.EUII'JLI rejirzlaJl
300-307
Nndwul EPS 116-
119 p.-bici lui
Sclirdd inger 331-
131

plinciplul
EADUIUF II
3 30-337
Fi eLeci rom agn
elljen 4L ;l
relalwkaie ISI. 1«
IEOdaeeu détails
9 le-ifií *Je
pipftitia 167
plIMiplUU
ICKffitUdliUI
3'74-307

■MCA-Butaitalc 66
67 n,n:r.. 173. W
WikJMindeH.IS
nwekrH. 378.183-111,

rúIF-rMbrcvmjúi'i
44-47 afl •nlym?
armonici timpil
14-17 'WúWiiLi.J
44 47,83 elen ül
Doppler 76-78
legile lui Hátion t
—11 perpetuum
irwWe 38-W.
3 34 psIFKlplul lui
Math 4-7

ntatíitiite luMml
1*3-3 *7
IMtl« Jllúrlíui 51
ZTituoni 34G
m-ijdi. 13 monHif
rtwtVII 11.7IM
h'ovler 5tc4ce*.
etualil 55 rrwWnlH.
174-171.144.
u;. IH
«Ulralin. W.
101.371.
3 77. 17|
33U-:11.111
N>wlü- >0,-13. II
[nrtaşk 6.16-l A
■riort B-II
iweheulúiii S6-S8

frjdrti-j li J
HMjMil2B-.131.3 36
117,
1 44-H'j. 201
üheii legea lujH
CHber-r, puilKoj hK
133-371
86mint.roti.ile a 25
íwrtiruie

brunul Hiúi 132-
155 diagriineJe
Fejiunan 341-111
twdelul iioiuLítj
3 44-141. 111
iBMla EMIMM Itt
159
nullWrtli^ng 173
principiul númlunii
170-313.170
pendjuri »-22.24-
25161

Kanak, Mu 93.163
Legea ín Hanti W-
4l. 3M

jtanele légiiéiul
KepH 12-15.17
MptaULH naLiirn
£.1. LI, CI leetta
hiMiilui 51
Molity. Baril 116-
119 polen 44-45
PBlrtmi Jli-JH
pmnme33.M-
95L195 pjlMlptuú
ineenlhidlnil 104-
101,110

protoni 80.99. 171.
j28.129, 111,33 i
pjluii lt*. 199
qil.irni.l 144-l 43.14
l. W taliile 13K j38-
138 ■u» K no. ea-
7L, no Erflr.ne 86,
uí 84,265 retricrle
Hí-67.285

túrtviiAle.ieoiúBl
iwti alanttal
132,134 iBMta
relitHiilui gént
sitiíé 88,164
167,192 i tett 1
relMiritljil tbitInce
98 j64-563
■eronínU 26-27
Wntgen Viihelm 71
í.Mth, Nil'liji
116^119 Juie*fr«d,
EirtHt L2H 531
Echriüingei. Erwi
114

KUhtM undel
ikMH> 10^306
11*
P.T-X* lui 5dmH

INDIC É

inger 111-331
kL'IIIIAWldMIUCI U,
99 iIMHnui
iwluHlmp 3t^1tL.
lhH 3L<
EnölJesei lul 64-67
dpatlu. tllMorle ín
dilJtreiLmpuliii 1*3-
312

■aulltuLODBE 94
hindj 1U
úik;uur/Lc Jí j
bunda Tutin 62-
69 lekwopjl
Kubble 166 17*
574

dbele
Lidei Liitrt
L7L179, 3T4-
1H.1R1.14',. ion
aifaut91 -89 íuj.-
iir Iliidéit! 142-
145 Enghqale 170
rautunleE 3 33-33
3 paridnicul lui
PCneri 173-371
Hud« j22

^ndegrivitalroMle
lfi iddi 64 66,74-75
■ u.nrl 7, íR.*3.7A-
7A sujercüridurthn
ale 41.

114-12T
ínjerfi-uide 119, j58
SElliid, Ltj. 137-139
irui14*
lekfeane jTUÖÖLE 89
81 léiéin íré
L17.119
ieE^opU6bl7P j78
rempe'Murl
iuperwndddiriraielli
lejWritLdiinli 3f-
37 unlivrr-11-17.
P< |M writfdttul
scroabddtdú
43,114, 3 lfi
iniEhinp 70. lül

■tttaeuiddei 5S6--
15:3-, ífi, ni
■Mth hlíriüj148 52
i™.1 M 3 5R.IRI.3ni
i tori e t uod kj 52
lejhuEiiijnkj 3fr-
39,M iheitiün26
tIFipl51-MI.16A-
iH.iM iuh Ytni'uJL
54

UH5E udiu88
-lile
diftaqk68 dujlitrie
undl-poitculi 75.
w-w. inn-ioi ioa,

INDIC É

13L,3Ü1 43,124, 13a
 ecuaha lul
 Sdmddinier SK-ini
 iüs eFecL Doppler
 76-79
 eleammagneilce
 22. Fir-Hin nn-qi
 ■». ion
 grívtaiionale L66
 i.nierfeientj
 Tij.ijji. 9R-99. 3M
 pztMlptuulu:
 Ffinsem U0-Ó3
 Uuli'i E.7.-9E
 tedta^le66 lanhwn
 antimateriei^
 WaB*nl 1'5.17?.
 lllLlHl. 3Rr^LR7
 elütne i ■■lefrl
 ;96-199 HHMtjtsta
 iunuMqfti* în-în
 eidibi lui
 DrateWt.IM
 er«LDüppler7B-78
 energie
 tolunecatI 193,
 104-341.700. 303
 entmpe 17.38
 erpirenine ívo-179
 ifi. iiv. ;H7.3-w-m
 inittne LnluneeitI
 111-231
 paridoxul lul Pihe
 rí în-371 piinclplui
 antrořw 200-303
 pilncplul lul Matti
 4-7 r ad liile
 OHTiríl de fotd
 17X 317-111. LRC-LRT
 iuedeluiain6184
 187 ipiřhHirTi
 165-168 ■rajt
 watilli 188. IBI,
 192 lemperatiirl
 ai-42.94 Itot U11 lúd
 lilái 52 ■dnpuim
 115. 203-307 WJj
 jfpli'iew-.ctele
 L.ianaim-irr, 179
 nte Mii 24-27. H6-
 1F7
 Ilii 95,86-89 285
 TYteel ;1 hvulaIS
 ¥lu:j
 Légi ajemlprlfti 8-
 9 ■■nenlujedriliil,
 L6ű 563 'imttL
 tliMCulid 7. ;68
 nvnwM-HI U,5^p,
 1AU1P 100-191 ;nurii.
 Tboenu 2LT5
 Uiö*V>ddt48

SV JtfMd Kw RrtfJj, Nuud h? Krxw
JiMJuic Eiiei

^Wrlllhl *? ïi:~T Jdarw* Bafcpr
Fd >lw jtablkMi lwntni prima 4|H în 3MT
UUa d rjJlurilE reMNiIM

**.h.-.<i. r BuEr: JI-A dtidirnl dirptmilr
ptnlru**

H h idinL-ificdlà a atfWf al aiaalri i.'Hr+i

FdiHu thAlirati ppïitrtI prima dIHfa 3M7
Ttrfta dvplunlf rtwriHa

CreflÎÉ fo»: p.4i fflixipftrtti
r|ijH|rnt ii' Pairie Mifffttl

Nid DplKa H AcAtWi kitrlri nu pciM F irjitOdii'ù.
tlwali mtr-un airtan de raukirt i dHlikr MU
rrirumihb h nid o fiimid ai priai nâci unmijkie,
ukc'ruiiic. macunit. prU RjiMopirre. ir.ryjiairire MU
tUil. riil perniiiiuni'ii KFM! a dilitidlttAil
ifrfplunhr du mûr.



DSfciiirw CIP A BiHwisCii NlflcnaIA 4 Hdrnfciiti
RAKEP .IÜANME
511 rtr dii: |Hj i uir'i l'iiuiL :-j. l* i-urki:Ji Fxid / JMTUK
Salua; Md Qc#ii HùdJrLâùu, -
Bucuruji UMI4 MIT
tSBNbTUDMI-UaM

LEON EP'JB 97Ë-ECE..33-57ÛL-5

[Hklàrwnu. Corinn(trati)
11(T3>31*I35 I

ani

lumina de acolo nu

EdJEuîù UElîi

OP 53: CP 212 i*aat4

HumAi^
tel Ôîl 319 6390, 931 425 Ibl9.
Û752 543 372
MpiO: uumMtbS "'■'ii

Nt |Mall VûiUipB

• Twwjitrra.ro

SB lie- irlrr j» ...ur Jn^iuH- AJ Jr. inia|tr. Fiiîfli
Jûûind £<lif

fnjiyri^hl S Î4IT<Inip hWlt Um
prlInj wmiuiua ;TilniibsaTnér>I
Twli dnpturilr HHhtfa

T*aduw"r din limba unijJml Corim. Hidümanu

Fdikii VidrAtLu
Pui^cUr. GauTr-sna CûPtcUr. Elan
AÜ&L Cjitikfi Cçÿertl Fkiri îshhi
Trhui:ri'drtL'la.^ fi ptqirua tkigdari CnUAru

putea vedea niciodată, pentru că

a avut timp să ajungă la noi.

I

/

NEterime Universul este, de «emenea, destul de neted. ॥ di ■

Galaxiile sunt împrăștiate destul de uniform

pe cer. Dacă

M ji du- ~

— ^ le privești cu ochii întredeschiși, veдеți o strălucire

uniformă,

T

nu pete luminoase. Și, în acest caz, s-ar fi putut să nu fie așa.

■ |'

Galaxiile au creacut în timp din cauza gravitației. La început.